

ANÁLISIS CONSTRUCTIVO-ESTRUCTURAL
| CÚPULA DE LA IGLESIA DE LA UNIVERSIDAD
LABORAL DE GIJÓN |

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE A CORUÑA

SARA ARBOLEYA RODRÍGUEZ

TUTOR: Manuel Freire Tellado
CURSO: 2019/2020
FECHA DE ENTREGA: 3 JULIO 2020

RESUMEN

En este trabajo se estudia la arquitectura del edificio más grande de España, desde el punto de vista estructural, en uno de sus elementos más reconocidos; su iglesia.

Para ello, se trata el necesario conocimiento teórico del ciclo de vida de las estructuras, así como la historia que las respalda.

En la parte práctica del trabajo, se estudian y analizan las diferentes lesiones en la estructura de la cúpula. Para posteriormente aplicar diferentes soluciones constructivas al elemento dañado.

PALABRAS CLAVE

Cúpula, estructura, iglesia, lesiones, patología, patrimonio.

SUMMARY

This work deals with the classicist architecture of the largest building in Spain from the structural point of view of one of its most recognized elements; its church.

For this, the necessary theoretical knowledge of the life cycle of structures is discussed, as well as the history that supports them.

In the practical part of the work, the different injuries in the structure of the dome are studied and analysed, to subsequently apply different construction solutions to the damaged element.

KEYWORDS

Dome, structure, church, injuries, pathology, heritage.

RESUMO

Esta obra trata sobre a arquitectura clasicista do edificio máis grande de España dende o punto de vista estrutural dun dos seus elementos máis recoñecidos; a súa igrexa.

Para iso, discútese o coñecemento teórico necesario do ciclo de vida das estruturas, así como a historia que as apoia.

Na parte práctica do traballo estúdanse e analízanse as distintas lesións na estrutura da cúpula. Para aplicar posteriormente diferentes solucións constructivas ao elemento danado.

PALABRAS CLAVE

Cúpula, estrutura, igrexa, lesións, patoloxía, patrimonio.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.1 Objetivos.....	5
1.2 Justificación	5
1.3 Metodología	5
2. ANTECEDENTES Y DATOS.....	6
3. MEMORIA HISTÓRICA- ARTÍSTICA	7
3.1 Historia del edificio. Cronología.....	7
3.2 Proceso de construcción del edificio.....	9
3.3 Descripción de los elementos del edificio.....	11
3.4 Referencias tipológicas del edificio.....	13
3.4.1 Referencias de la cúpula.	14
4. ESTUDIO CONSTRUCTIVO-ESTRUCTURAL DE LA IGLESIA.....	15
4.1 Construcción de la iglesia.	15
4.2 Soluciones estructurales y constructivas de la iglesia.....	18
5. ANÁLISIS DE LA CÚPULA.	19
5.1 Introducción. Definición.....	19
5.2 Comportamiento mecánico de las cúpulas.....	20
5.3 Análisis de la membrana.	21
5.4 Estudio estructural de la cúpula de la iglesia.....	28
6. LESIONES Y SOLUCIONES.³⁷.....	40
6.1 Identificación de lesiones	40
6.2 Análisis y comprobaciones.....	46
6.3 Diagnóstico	47
7. CONCLUSIONES.	48
8. FUENTES.....	49
9. APÉNDICE GRÁFICO	51
CLASIFICACIÓN DE CÚPULAS	52
FOTOGRAFÍAS COMPLEJO DE LA UNIVERSIDAD LABORAL	56
PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA IGLESIA	77
PLANOS ORIGINALES DE LA IGLESIA	88
PLANOS ACTUALES DE LA IGLESIA.....	100
10. PROCEDENCIA DE LAS IMÁGENES.	116
ANEXO.....	118

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivos

El objetivo de este trabajo es el análisis estructural de la cúpula, para poder tomar decisiones en base a los problemas que puedan existir. Para ello, se marcan una serie de objetivos principales y secundarios para llegar al análisis final deseado.

Principales

- Conocer la historia y evolución de la iglesia.
- Diagnosticar lesiones y daños estructurales.

Secundarios

- Proporcionar soluciones de restauración y reforma.

1.2 Justificación

Desde su primer día de vida en el año 1956, la Universidad Laboral ha sido un icono en la ciudad de Gijón. Un edificio destacado por ser el más grande de Europa y cuya construcción se llevó a cabo en favor de los hijos de personas obreras.

Fue un modelo en educación, formación, arquitectura y cultura, tanto a nivel nacional como internacional.

Cuando el Gobierno del Principado de Asturias se hace cargo de la Universidad, se decide llevar a cabo un intento de mejorar espacios como el convento de las clarisas, biblioteca, teatro, espacios que hoy en día albergan la universidad de Oviedo, la ESAD, y los conservatorios profesionales de música y danza. Sin embargo se han dejado de lado los trabajos de conservación de la iglesia.

¿Cómo puede ser que en 64 años la iglesia no haya tenido ningún cuidado? Por todo ello, es necesario estudiar e intentar solucionar los posibles problemas que este edificio pueda tener.

1.3 Metodología

Una vez definidos los objetivos del trabajo, éste se divide en tres fases.

En primer lugar, es necesario establecer un marco histórico-artístico mediante una investigación en diferentes bibliografías. A continuación, la segunda fase se centra en la iglesia y en sus diferentes estados y evoluciones.

Todo ello sigue con una tercera fase práctica, donde la cúpula de la iglesia se analiza estructural y constructivamente para poder llegar a la causa de su deterioro. Para el análisis estructural se llevan a cabo dos métodos de análisis, uno es la teoría de la membrana y el segundo el análisis por elementos finitos.

2. ANTECEDENTES Y DATOS

En el año 1946, se aprueba la construcción de uno de los mayores edificios de Europa, con el fin de crear un símbolo en la ciudad de Gijón, una ciudad cerrada en sí misma cuya función será la formación de hijos de mineros. Para ello se adquieren casi 1 600 000 m² de superficie, donde una cuarta parte del terreno se consiguen por expropiación. Esta construcción se le encarga a un equipo de arquitectos e ingenieros que trabajarán bajo la dirección de Luis Moya Blanco, arquitecto madrileño e hijo del ingeniero Luis Moya Idígoras.

Este equipo se compone de Ramiro Moya Blanco, hermano de Luis Moya, Pedro Rodríguez A. de la Puente y el gijonés José Marcelino Díez Canteli. Moya fue un arquitecto que destacó por su arquitectura en ladrillo, por sus arriesgadas cubiertas donde utilizaba la técnica de la bóveda tabicada; una técnica que hoy en día es muy poco usual pero sobre la que el arquitecto escribió varios tratados¹.

A medida que se empieza a levantar el complejo se decide, por orden del Ministerio de Trabajo, que el edificio tendrá una segunda función, la de albergar las universidades laborales y con ello poder dar la oportunidad a más jóvenes de poder formarse. La superficie construida llega a ser de aproximadamente 270 000 m² y 100 hectáreas de granja.

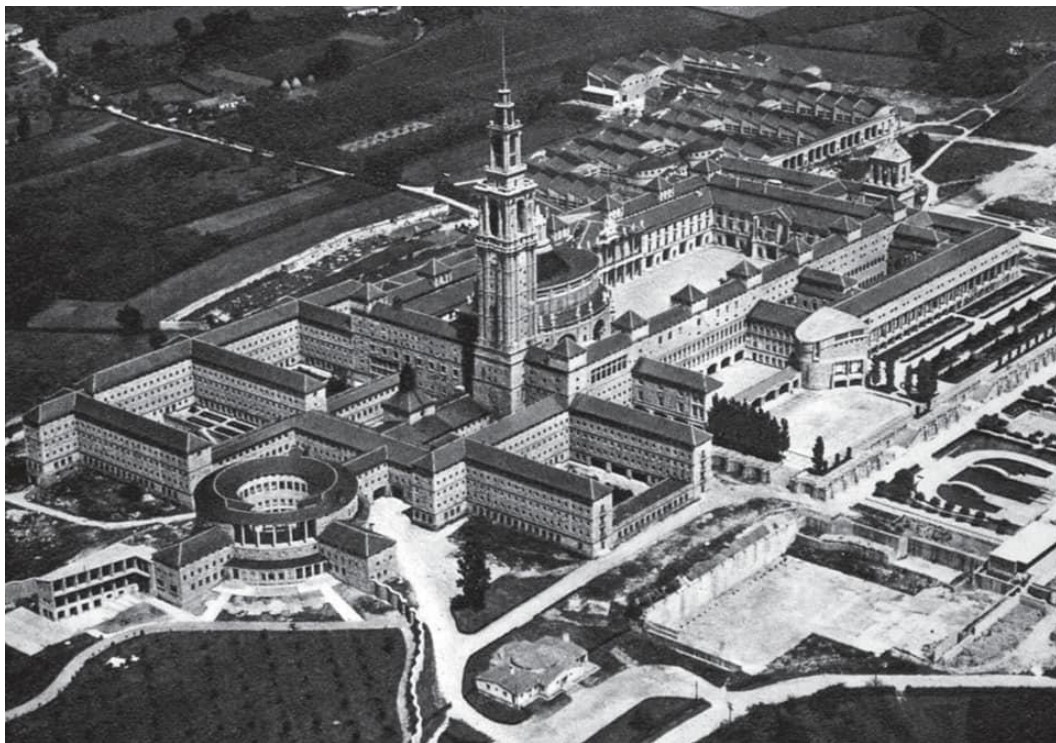


Fig. 1: Vista aérea del Orfanato Minero.

1. - Libro: *La obra arquitectónica del Orfanato Minero de Gijón*. MOYA BLANCO, Luis. (Septiembre 1948)

- "Caracteres peculiares de la composición arquitectónica de El Escorial" texto perteneciente al libro "*La arquitectura cortés y otros escritos*". MOYA BLANCO, Luis. (1993)

3. MEMORIA HISTÓRICA- ARTÍSTICA

3.1 Historia del edificio. Cronología.

Un accidente en las Minas del Caudal, en Asturias, fue el suceso que llevó a Carlos Pinilla, subsecretario del Ministerio de Trabajo a reunirse con grandes e importantes personalidades del Municipio de Gijón, y llevar a cabo un proyecto cuyo fin sería el de ayudar a las familias de los mineros fallecidos en 1940. Este proyecto sería el de construir un orfelinato para los hijos de dichas familias. Bajo el nombre de "Fundación José Antonio Girón" se aprueba levantar un complejo para el desarrollo académico, deportivo y profesional de los jóvenes.

Como se ha comentado antes, el complejo empezó con la intención de formar a los huérfanos de mineros, pero a medida que se construye se introduce la Universidad Laboral, y esto hace que la estructura docente pensada, se modificara y la dirección del edificio pasase a manos de la Compañía de Jesús y la Orden de las hermanas de Santa Clara.² A medida que se levantaba la Universidad se incorporaron los primeros alumnos. La Universidad funcionó durante muchos años; se formaban generaciones de profesionales altamente cualificados en varias ramas: fresadores, maestros industriales, peritos y soldadores. El complejo de Moya también fue sede de múltiples competiciones tanto deportivas como académicas, donde jóvenes de toda España participaban.

El orfelinato pasa por muchas fases durante su construcción, pero nunca tuvo una fase final clara, es decir, nunca se inauguró. En 1957 se paró la obra por una crisis de gobierno, la destitución del Ministro de Trabajo, y el cambio de falangistas por tecnócratas del régimen franquista.

En 1978 se produce un segundo cambio de mando y la Universidad pasa a manos del personal docente.³ Con estas modificaciones la Laboral pasa a formar parte del Instituto Nacional de Enseñanzas Integradas en los años 80. Esto hace que la formación se centre en una parte del complejo, dejando muchas instalaciones sin uso.⁴ Esto provocó que el edificio llegase a un estado de abandono y por lo tanto tuviera un gran deterioro en cuanto a desgastes de materiales y humedades.⁵

En 1996 el convento de las Clarisas es destituido de su cargo debido a una gran escasez de alumnos trasladándose con ello fuera de la Universidad. En 2001, el gobierno del Principado de Asturias se hace cargo de la institución pero ya no como Orfelinato, sino solo como Universidad Laboral. Con este último cambio se busca una "segunda vida" para el complejo de Luis Moya. Es en este mismo año cuando empiezan las reformas que harán resurgir la Laboral como un Centro de Producción Cultural y Creativo del siglo XXI. Todos los espacios de formación profesional pasaron a ser un centro de arte, el convento de las Clarisas es hoy en día la sede de la TPA (Televisión del Principado de Asturias), una nueva biblioteca. Se recuperan espacios donde se acogen la Facultad de Comercio, Turismo y Ciencias Sociales "Jovellanos", los Conservatorios Profesionales de Música y Danza y la Escuela Superior de Arte Dramático. Todo esto se lleva a cabo cuando en 2001, Xerardo Estévez le entrega al Gobierno un dossier llamado "Asistencia técnica para el Plan estratégico de la Universidad Laboral de Gijón" un nuevo proyecto de distribución.⁶ En 2007, se acaban las reformas y nace un espacio disciplinar donde se da visibilidad al arte contemporáneo, la creación industrial, la comunicación y la formación de la cultura, declarado Bien de Interés Cultural en el año 2016.⁷



- SARA ARBOLEYA RODRÍGUEZ 8

3.2 Proceso de construcción del edificio.

Se proyecta urbanismo y edificación en una serie de terrenos entre Gijón y las Parroquias de Somió y Cabueñes. Se cuenta con grandes profesionales como Javier Winthuysen que diseña los jardines del complejo, Chacón Enriquez encargado del proyecto que incorpora una granja agronómica, y Manuel Álvarez Laviada y Florentino Traperero encargados de la escultura. La idea de Moya se trata de combinar industria y campo, llevando a cabo la posición "anti-moderna".

*"La posición anti-moderna de Moya, cristalizada a partir de la guerra civil supone tanto un entendimiento del trabajo de arquitectura como campo independiente de una concepción del mundo,-de una ideología-."*⁸

La construcción estuvo medida por días y diferenciada en espacios: la granja, el orfanato, y un tercer espacio libre entre estas dos edificaciones. La granja agronómica abarcó la dirección y oficinas, almacenes, establos, silos de forraje y silos de remolachas. El orfanato en su caso; la iglesia, el teatro, residencia, las clases, dirección y administración, Universidad de verano, los talleres y una escuela de capacitación social.

El primer proyecto construido fue la granja, ya que era el edificio que más terreno necesitaba y el más necesario para abastecer a todos los demás. Con esta decisión hubo enfrentamientos entre los miembros del Patronato, derivando en un cambio de presidencia dentro de la asociación.

En el año 47, el Patronato llega a la conclusión de que necesita ayuda del Ministro de obras públicas, el señor Fernández Ladreda y del sindicato del combustible. Consiguieron el apoyo y todo siguió su curso. En el año 48 se sacó a concurso los proyectos por grupos de obra, y se aprobó el pliego de condiciones para el Pabellón de Residencia. A mediados de año se asignó la dirección de obra al arquitecto D. José Díez Canteli junto a los aparejadores D. Luis Junquera Muñiz y D. Alberto Fernández García. Este arquitecto coordinó las obras hasta el final y años más tarde diseñó los planos del INTRA⁹ y los enlaces con los talleres. Con todo esto, la obra arranca hacia una realidad en el año 1948.¹⁰

El comienzo de las obras, dentro de lo que cabe, fue fácil.¹¹ Los terrenos tuvieron grandes ventajas; no hubo necesidad de grandes movimientos de tierra debido a que los desniveles eran muy suaves, y esto llevó a cabo un ahorro considerable de dinero. El saneamiento y la electricidad se resolvieron con bastante facilidad. A medida que la construcción iba avanzando se expropiaron los terrenos que veían necesarios e indemnizaron a sus propietarios. A las personas que tenían terrenos de cultivo se les daba la opción de seguir cuidándolos, pero ya no serían los dueños sino solo trabajadores.

El proyecto siguió un orden de construcción basado en la necesidad de integrar cuanto antes a todos los alumnos. El orden fue el siguiente:

1. Granja Agronómica. (fig.40)
2. Pabellones de residencia. (fig.42)
3. Pabellón de comunidad y Torre principal.
4. Salón de actos o teatro.
5. Capilla o iglesia.
6. Taller de carpintería.
7. Talleres de mecánica, fundición.
8. Clases de aprendices.
9. Escuela de Capacitación social y residencia de antiguos alumnos.

10. Pabellón de enfermería.
11. Clases de estudiantes.
12. Talleres de electricidad. Imprenta y calderería.
13. Residencias universitarias.
14. Pabellón de dirección y alumnos externos.
15. Instalaciones deportivas.
16. Convento de las Clarisas.
17. Zona de recreo y construcciones deportivas.

El pabellón de enfermería se proyectó en la zona del convento, pero resultó paralizado debido al cambio de dirección de seglares a monjas. Por otro lado, la dirección, las zonas deportivas, el convento y las zonas de recreo fueron espacios que sufrieron la brusca interrupción en 1957, además de los ornatos inacabados, mosaicos en el interior de la iglesia, murales y bajorrelieves.



Fig. 3: Talleres industriales.

-
8. Antón CAPITEL, "La arquitectura de Luis Moya Blanco", Pág.13, párrafo 1.
 9. INTRA: Residencia empresarial dirigida a proyectos empresariales de nuevas tecnologías, investigación y desarrollo, en estrecha relación con la universidad.
 10. Publicación Historia Viva N°37, "La Universidad Laboral: Obra artística de la arquitectura española", Inocencio ARES.
 11. Testimonio de la familia de José Díez Canteli, arquitecto del equipo de Luis Moya. Entrevista de Miguel Ángel Álvarez Álvarez, Licenciado en Historia del Arte.

3.3 Descripción de los elementos del edificio.

La fachada principal de la Laboral está formada por sillarejos de piedra arenisca de tono anaranjado que se divide de forma lineal por un juego de huecos de distintos tamaños. Se diferencia el primer piso del resto por una marcada línea de caliza blanca. En esta fachada se encuentra el acceso principal formado por un arco de entrada que está rematado en forma de torre. En la parte superior del arco se encuentra el escudo de la Universidad, realizado por Manuel Álvarez Laviada. (fig.49, 50) Una vez pasada la puerta nos encontramos con el atrio corintio, un espacio de transición de forma rectangular, que separa el acceso del patio central y que está formado por 10 columnas de granito de 10 metros de altura cada una. Cuando se construyó, este espacio no estaba cubierto, fue años más tarde cuando se incorporó la cubierta de vidrio. El atrio está diseñado en referencia al diseño del arquitecto Palladio¹², en el siglo XVI para el Convento de la Caridad, en Venecia. (fig. 51, 52)

"Este atrio será una introducción al espíritu del edificio que queremos que recoja la hermosura y grandeza del eterno espíritu clásico de Europa".¹³

Y así fue; este atrio corintio tiene un contraste de dimensiones, inmensas columnas en un espacio estrecho. Cuando estás dentro te sientes pequeño en altura, pero no tienes la misma sensación respecto al ancho. Este sentimiento aumenta una vez avanzas y llegas al patio central de la Universidad; un espacio de 150 x 50 m. Este patio es el que descongestiona el edificio y en torno al cual se configura el resto del conjunto. Se utiliza como zona para reuniones multitudinarias y grandes exposiciones. (fig. 53)

En la parte occidental del patio se sitúa la iglesia, una gran estructura con la planta elíptica cubierta más grande del mundo de 807 m² de superficie. Puede ser el espacio más espectacular y reconocido de todo el conjunto, cuya disposición recuerda a los baptisterios italianos. La iglesia está formada por dos cuerpos, uno central que está elevado sobre escalinatas, y un segundo más bajo pero de mayor ancho, sostenido por columnas que está conectado mediante galerías a los edificios colindantes.

"Las galerías se hacen para los fieles que no sean alumnos de la Fundación, pues el propósito es dedicar íntegra la nave para los muchachos".¹⁴

12. En el capítulo "Entrada y Plaza" del libro "La obra arquitectónica del Orfelinato Minero de Gijón" de Luis Moya se explica más detalladamente.

13. Luis MOYA, "La obra arquitectónica del Orfelinato Minero de Gijón", Capítulo "Entrada y Plaza", Página 12, párrafo 2.

14. Luis MOYA, "La obra arquitectónica del Orfelinato Minero de Gijón", Capítulo "Notas sobre la iglesia", Página 23, párrafo 1.

La fachada exterior combina paños macizos estructurados con pilastras, y hornacinas semicirculares, donde una de ellas, es la entrada de la iglesia. Se diferencia de las demás en que ésta tiene una escalinata y sobre ella luce la Virgen de Covadonga. En la entrada se diseñan cuatro columnas de estilo corintio que elevan las figuras de San Pablo, San Pedro, San José y San Ignacio. Cabe destacar la figura de San José debido a que la esfera metálica colocada sobre la puerta de la iglesia se desprendió y decapitó la escultura. Por encima se coloca una escultura del Apóstol Santiago a caballo junto con dos ángeles que adoran la cruz de la victoria, símbolo de Asturias. Además de estas esculturas destacan otras 16 colocadas perimetralmente sobre la fachada; todas ellas obra de José Espinós Alonso. (fig. 54)

Justo detrás de la iglesia se encuentra la Torre. (fig.53) Una construcción que cuenta actualmente con 129,25 m de altura, debido a los 10 metros añadidos tras la posterior rehabilitación, y que destaca por ser la más alta de Asturias. Para construir este elemento se utilizaron piedras areniscas que trajeron de la playa de La Nón, en el concejo de Villaviciosa.¹⁵ Para consolidar la torre, fue necesario hincar 114 pilotes hasta 20 m de profundidad ya que el terreno bajo ésta es arcilloso-limoso.¹⁶ La torre es el elemento de referencia en el eje de acceso puerta principal-patio, que desde su construcción en los años 50, se convirtió en el símbolo del conjunto debido a su altura. Y es que no dejaba de ser un edificio de 119 metros; una gran altura para aquellos años. A la derecha del patio se encuentra el teatro, un espacio que presenta una fachada de estilo helenístico que según Moya *“es una pieza básica para establecer el diálogo con el volumen de la capilla”*, rematada con un frontón central que eleva el escudo de España, según el modelo de 1945. Es el primer teatro climatizado de Europa. (fig. 55, 56)

Moya diseña este espacio como un gran salón de actos con unas dimensiones acordes a todo el complejo. En el año 2001, el Gobierno decide reformarlo y convertirlo en un gran teatro. Para ello se lleva a cabo una ampliación de la caja escénica, de manera que se implanta un gran volumen que poco tiene que ver con los bloques que lo rodean. Lo que se consigue es desviar la atención del conjunto a una pieza de dimensiones desproporcionales. (fig. 59, 60)

15. Testimonio de la familia de José Díez Canteli, arquitecto del equipo de Luis Moya. Entrevista de Miguel Ángel Álvarez Álvarez, Licenciado en Historia del Arte.

16. Tipo de terreno muy inestable y de difícil cimentación.

3.4 Referencias tipológicas del edificio.

El proyecto se basó en la búsqueda de una arquitectura nacional que se correspondiera con el lenguaje bajo renacentista de Juan Herrera y con las herencias neoclásicas de Juan de Villanueva.¹⁷ La Universidad Laboral es el resultado de varias de las ideas arquitectónicas que defiende de Luis Moya; por un lado sigue una utopía clasicista ya que es un conjunto formado por bloques que generan patios, y esto hace que sea posible situar ese conjunto siguiendo las orientaciones que requiere cada espacio. La situación del edificio a espaldas de la ciudad de Gijón está pensada para rodearlo antes de acceder a él, esto recuerda al Monasterio del Escorial, donde para llegar a la entrada es necesario recorrer toda la lonja norte y la lonja oeste. Moya quería proyectar una ciudad encerrada en sí misma, cargada de referencias del mundo clásico, como por ejemplo el atrio corintio, que está inspirado en los dibujos de Vitrubio¹⁸, y los enlaces de las galerías de la iglesia, en los dibujos de Palladio.

La imagen desde la entrada hacia el patio central, donde se aprecia la iglesia y la torre como los volúmenes más potentes, con los demás edificios situados en torno al patio, guarda gran similitud a la ciudad ideal de Francesco di Giorgio.



Fig.4: La ciudad ideal de Francesco di Giorgio.

*"La Universidad Laboral de Gijón concebida como una ciudad ideal del clasicismo español."*¹⁹

El patio central tiene como referencia la Plaza de San Marcos de Venecia, llegando a tener similitud en dimensiones, ya que la plaza de San Marcos mide 180x70 m, mientras que la de la Laboral es de 150x50 m. En cuanto al teatro de la universidad, se hace referencia al Panteón de Roma por su fachada helenística que culmina en un gran frontón. Los anteriores proyectos de Moya no guardan relación con este, ya que no había tenido una experiencia de esta escala, pero lo que sí tiene relación es la iglesia, ya que este volumen es fruto de varios experimentos previos, donde cabe destacar como clara referencia la iglesia de San Agustín de Madrid.

*"La gran capilla de la Universidad Laboral es la transformación del tipo de San Agustín para un mayor tamaño"*²⁰

17. Citado en "La obra arquitectónica del Orfelinato Minero de Gijón" de Luis Moya y donde hace una extensa comparativa entre la Universidad Laboral y el Monasterio del Escorial.

18. "De Architecture", Libro VI, Capítulo III. VITRUBIO

19. Antón CAPITEL, "La arquitectura de Luis Moya Blanco", Prólogo.

20. Antón CAPITEL, "La arquitectura de Luis Moya Blanco", Pág. 96, párrafo 3.

3.4.1 Referencias de la cúpula.

La construcción de la cúpula comienza con la civilización micénica, donde el ejemplo más claro es el Tesoro de Atreo; (fig.5) monumento funerario de planta circular, que se construyó con una gran cúpula recubierta de tierra.

Se diferencian varios tipos de cúpulas a lo largo de la historia:

- **Cúpulas persas:** se deriva de una tradición arquitectónica mesopotámica, lo que hizo que estos sistemas fueran elementos muy importantes en la historia Persa. Cúpulas monumentales de piedra y ladrillo con cáscara esférica cuya función era la de rematar los palacios reales y templos. Estos elementos se sujetaban mediante estructuras circulares hasta el descubrimiento de la trompa; un elemento estructural que dio lugar a que la construcción tuviera distinta geometría. (fig.6)
- **Cúpulas romanas:** El ejemplo más claro es el Panteón de Roma (123-125 d.C), con una cúpula cilíndrica de 43.44 m de hormigón, una de las más grandes de la historia. Las nuevas técnicas de construcción de los romanos, entre ellas el mortero, dieron la posibilidad de construir estructuras como las bóvedas semiesféricas. Estas construcciones (siglo I a.C) fueron evolucionando en geometría y proporciones, como en materiales y técnicas de levantamiento. Estas cúpulas generalmente tienen cáscara cónica o poligonal. Los romanos las utilizaban para cubrir los baños, villas o palacios de tal manera que estos elementos pasaron a ser de índole monumental. (fig.7)
- **Cúpulas bizantinas e islámicas:** Este elemento marcó el inicio de la época bizantina donde las cúpulas más características eran las construidas sobre pechinas y las cúpulas cruzadas (reforzadas con grandes arcos).²⁵ Se utilizaban como elemento central de las edificaciones. Santa Sofía de Constantinopla es uno de los ejemplos de esta época; con una cúpula semiesférica de 32 m de diámetro, reforzada con nervios y sujeta mediante pechinas. (fig.8)
La cúpula, el arco y la columna son los elementos más destacados de la arquitectura islámica, cuyo imperio convivió con el bizantino durante 700 años; de manera que comparten características arquitectónicas. Uno de los ejemplos más importantes es la Mezquita de Córdoba, construcción que inició la arquitectura islámica en la península ibérica, y cuya cúpula se levanta en la nave central para marcar el espacio de mayor dominio religioso. (fig.9)
- **Cúpulas renacentistas italianas:** Son estructuras muy importantes en este periodo. Los ejemplos más destacados son La Catedral de Florencia y la Basílica de San Pedro de Vaticano. Santa María de Fiore tiene una cúpula de doble cáscara de 42 m de luz, construida en ladrillo y reforzada con nervios de piedra tanto en el interior como en el exterior. La cúpula de San Pedro destaca por ser la más alta del mundo, con 136.57 m de altura. Tiene una luz de 41.47 m, de doble hoja sujeta sobre pechinas y reforzada con nervios. La cúpula se remata con una gran linterna en forma de templete sobre la que se coloca la cruz y la esfera dorada. (Fig.10)

Según el punto de vista estructural las cúpulas pueden ser:

- **Cúpulas gallonadas:** aquellas cuyos nervios son los que definen su forma de aspecto de gajos, llamados gallones.
- **Cúpulas de doble cáscara:** Son las que se estructuran en dos capas, interior y exterior, cuya función es la de conseguir un elemento reforzado y una apariencia visual agradable.²¹
- **Cúpulas de triple cáscara:** Como por ejemplo la Catedral de San Pablo de Londres, que está formada por tres estructuras diferentes y un doble tambor. Por un lado tiene una cúpula de doble cáscara de perfil parabólico que se apoya en una serie de columnas que forman el peristilo. Encima de esta se coloca una tercera cúpula de fábrica apuntada que sujeta la gran linterna que remata el edificio.

4. ESTUDIO CONSTRUCTIVO-ESTRUCTURAL DE LA IGLESIA.

4.1 Construcción de la iglesia.

La capilla de la Laboral es la construcción más amplia hecha en España. Sus dimensiones superan muchas de las obras más importantes del país. Consta de una planta de 807 m² compuesta por dos elipses; la más grande con ejes de 38,4 m y 24 m, y una superficie de 723,84 m², y la pequeña de 31,2 m y 19,2m y una superficie de 470,49m². Estos elementos proyectan una gran nave central cuya parte más ancha mide 24 m, siendo una medida intermedia entre la Catedral de Gerona de 22,8 m y la de San Pedro de Roma de 27,5 m de ancho.²²

Esta obra sigue el modelo de proyección diseñado por Luis Moya, anteriormente utilizado en la iglesia de San Agustín de Madrid. Principalmente, la construcción es elevada sobre un podio en el que se proyecta una sola nave con forma de elipse, rodeada por diferentes capillas, escaleras y entradas, dejando el acceso principal en uno de sus extremos. En el lado opuesto se sitúa el presbiterio, también elevado sobre la nave que se amplía con varios niveles superiores, donde se concentran las galerías. La planta finalmente se cubre por una cúpula de grandes dimensiones.

Moya defiende estas medidas para garantizar una sonoridad y visibilidad. Acústicamente las formas elípticas son diseños que no funcionan adecuadamente debido a que todo el sonido que se emite en un punto se concentra en el opuesto. Con el objetivo de obtener una mejor sonoridad en la capilla se introducen los portavoces de los púlpitos y el baldaquino en el altar. También se tratan los muros y bóvedas ya que una de las soluciones es recubrir la superficie de material absorbente. Así mismo se podría solventar colocando la fuente de sonido más cerca de la curva, para que de esta forma se propagasen los rayos del foco conjugado.²³ Por otro lado las capillas y las galerías superiores trabajan como cajas de resonancia para conseguir una buena emisión sonora y una supresión de reverberaciones y ecos por absorción.

Para conseguir una visibilidad óptima en la capilla, se eleva el presbiterio hasta equilibrar la falta de pendiente de la nave, tal y como se lleva a cabo en el Monasterio del Escorial. Moya diseña la planta de la iglesia de San Agustín con una serie de medidas; cuadrículas de 2.40 m de lado, divididas entre sí con módulos de 30, 60 y 120 cm. Si dibujamos esta misma cuadrícula en la iglesia de Gijón, podemos comprobar que prácticamente es igual, adaptando y perfeccionándolo a la situación. (fig. 78, 79)

La iglesia está pensada para albergar a 1250 alumnos y profesores en la nave central, y 250 en las galerías superiores, de tal manera que el aforo es de 1500 personas.

*“Se trata de un templo de dimensiones extraordinarias, dimensiones necesarias y donde no sobra nada”.*²⁴

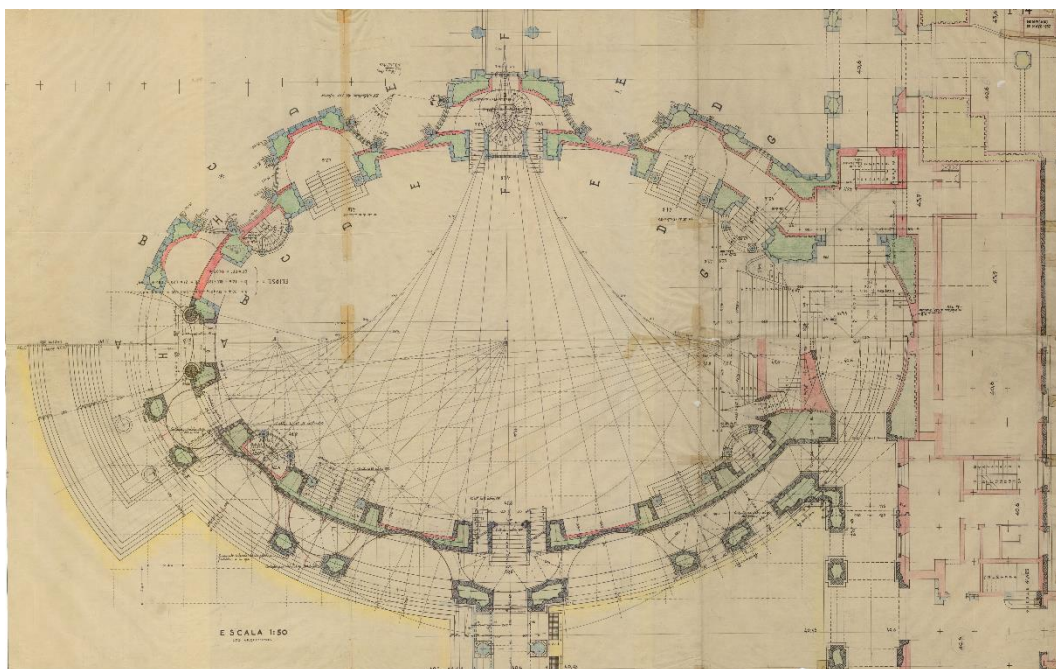


Fig.11: Planta de la iglesia a la altura del patio central, dibujo de Luis Moya.

-
21. Vittone, Libro III, Art. II, Cap. III. Vittone habla de los problemas de construir este tipo de cúpulas.
 22. Moya en su libro "La obra arquitectónica del Orfanato Minero de Gijón", capítulo 1. Dimensiones compara las dimensiones de la iglesia de Gijón con distintas catedrales e iglesias de España.
 23. Se le llama foco conjugado al punto donde se concentra todo el sonido emitido según la acústica de rayos.
 24. Luis MOYA, "La obra arquitectónica del Orfanato Minero de Gijón", capítulo 1. Dimensiones.

La construcción da comienzo con el levantamiento de macizos, que estructuran las pilastras de ladrillo, revestidas con piedra caliza vista; de tal manera, que el conjunto de paños fijos y hornacinas en la fachada, configuran el tambor estructurado en dos niveles. (fig.80, 81, 82) En el interior, estas pilastras separan vanos rectangulares, tanto en el nivel inferior como en el superior, en este último los vanos se rematan con pequeños arcos. Ambas alturas están separadas por un friso liso, interrumpido por las pilastras. (fig. 63, 64)

Concluido el tambor se continúa con la estructura de cubierta, de tal manera que se levanta una gran cúpula formada por 20 pares de nervios entrecruzados siguiendo el sistema de bóvedas tabicadas.²⁵ (fig. 65, 66)

Esta estructura fue diseñada y calculada con la ayuda del arquitecto García Amorena.

Para el arranque de cúpula se construye un zuncho perimetral (fig.91, 92) en el que se utilizan redondos de acero de diámetro 16 mm a los que se les da, según explicaba Moya en una entrevista²⁶, 64 vueltas. A continuación se levanta el diseño de una base de hormigón armado, para el arranque y apoyo de los diferentes arcos. (Fig.88, 89). Se da comienzo al alzamiento de los arcos, donde cada uno de ellos mide 1m de canto x 0,5 m de ancho y su longitud total es de 726 m. Para ello se colocan encofrados utilizando 90 toneladas de madera. (fig. 87) Se destinan 350 000 ladrillos a los arcos, aparejados a tabla (con la tabla en horizontal), y un total de 500 000 en toda la iglesia.²⁷ (fig. 92)

Se da paso al levantamiento de la linterna. Un elemento que culmina la cúpula, y cuya altura es de 17 metros en su exterior y 15 metros en el interior. Esta linterna está compuesta por dos niveles elípticos de piedra caliza, y sobre ellos, se colocan la esfera de piedra junto con la cruz de remate. Esta esfera, años más tarde, se sustituyó por una metálica de menor peso. (fig. 70) En el interior de la linterna se coloca una gran vidriera donde se dibuja la cruz de la victoria (símbolo de Asturias), con la intención de que se proyecte en el centro de la iglesia; lo cual no fue posible debido a que la cúpula flaqueó ligeramente en su construcción. La vidriera está rodeada por un gran rosetón en forma de estrella compuesto por un mosaico de mármoles y azulejos que se utilizaron durante toda la construcción de la Universidad. Todo este conjunto pesa 250 toneladas. (fig. 67, 68, 69)

Para concluir la cubierta, se coloca una primera capa de yeso encima de las bóvedas tabicadas, se continúa con una segunda de mortero de cal y arena, en el que se dispone un doble tablero de rasilla, con impermeabilización asfáltica, rematada con pizarra.²⁸

25. Este sistema se explica detalladamente en su libro "Bóvedas Tabicadas", Luis MOYA BLANCO.

26. Entrevista que se puede escuchar en el siguiente video. Propiedad de Víctor Camblor.
<https://www.youtube.com/watch?v=IW1QhiDSIH8&t=1s>

27. Todos los datos de las unidades empleadas para la construcción de la iglesia, son testimonio de la Familia García Amorena, para una entrevista con Ángel Álvarez Álvarez, licenciado en Historia del arte.

28. Este tipo de cubiertas se cita con más detalle en el libro "Bóvedas Tabicadas", Luis MOYA BLANCO.

4.2 Soluciones estructurales y constructivas de la iglesia.

La planta de la nave deriva de la construcción, de la distribución de los alumnos, de las condiciones acústicas y visuales, y de la necesidad de acercar su centro de gravedad hacia el altar. Todos los materiales utilizados en la obra están pensados tanto para un beneficio acústico como para un beneficio económico y temporal; de este modo la iglesia se estructura con ladrillo, madera, piedra y hormigón armado.

Para el levantamiento de la cúpula se proyecta un sistema de bóvedas tabicadas²⁹ con el fin de obtener gran ligereza y resistencia. Es un método de ejecución rápida, de menos coste que otras soluciones y que permite eludir la decoración posterior.³⁰ Una de las desventajas del sistema de bóvedas tabicadas es que no puede absorber empujes sin usar contrafuertes o tirantes. Al ser una planta elíptica, la solución por la que se decantó Moya, es la de absorber esos empujes mediante zunchos de hormigón armado, tal y como se hizo en la Catedral de Florencia pero con la diferencia de que, en esta última, estos elementos de acero quedaban vistos. Los tirantes funcionan como arranque de la bóveda, ya que no dejan de ser un gran zuncho perimetral, un anillo que queda comprendido dentro del muro y por tanto no queda visto. (Fig. 88, 89) El recubrimiento de hormigón además de tener una función estructural (recepción de todos los arcos), sirve de medida de protección del acero.

La sección de la iglesia se concretó debido a las restricciones de sonoridad, llegando a la conclusión de que una nave de gran altura era lo más acertado. Su altura en el punto medio hasta la clave, donde se sitúa la linterna es de 30 metros, y 25 metros es la altura que determinó los arranques. (fig. 100)

Moya explica en su libro el por qué económicamente este resultado fue el más acertado, ya que otra solución sería la de construir una cubierta de hormigón, de la cual colgar una bóveda falsa, de tal manera que el gasto de esta obra sería menor que la escogida. La diferencia estaba en los sistemas de andamios, imprescindibles para levantarlas, de tal manera que para colgar la bóveda falsa, se necesitaría una cubierta más alta y por tanto un conjunto de andamios más altos y de mayor coste. Moya siempre defendió la ejecución de la iglesia como un modelo de construcción sencillo y económico.

Los revestimientos interiores también están pensados para un buen funcionamiento acústico y térmico donde se usaron piedra natural vista, corcho áspero visto y bóveda de rasilla guarnecida y pintadas al temple. En las partes superiores se usan mosaicos, pinturas al fresco y tableros de madera.

29. Sistema que se construye normalmente sin cimbra, con ladrillos ligeros y yeso.

Video del proceso de construcción de la iglesia, cedido por Víctor Cambor.
<https://www.youtube.com/watch?v=IW1QhiDSIH8>

30. Moya destaca la independencia entre la construcción y la decoración, entre la construcción y la imagen. (La arquitectura de Luis Moya, Antón CAPITEL.)

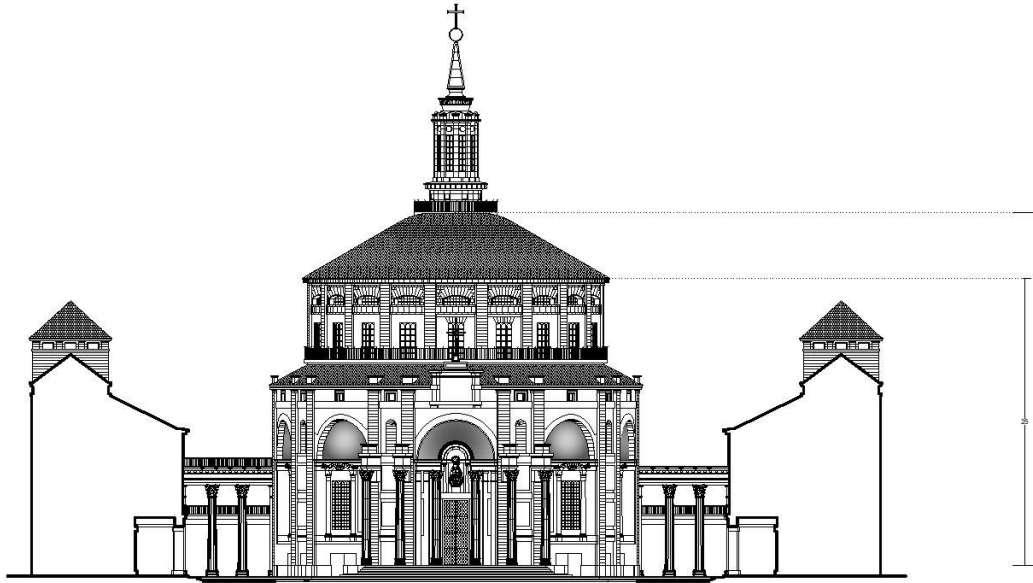


Fig.12: Alzado fachada principal de la iglesia.

5. ANÁLISIS DE LA CÚPULA.

5.1 Introducción. Definición.

Según la Real Academia de la Lengua Española se define cúpula como: “una bóveda en forma de una media esfera u otra aproximada con que suele cubrirse todo el edificio o parte de él”, es decir, define cúpula como una bóveda que, a su vez se determina como “obra de fábrica arqueada, que sirve para cubrir el espacio entre apoyos y forma el techo o cubierta de una construcción”. Ambas construcciones son conceptos arquitectónicos, de tal manera, que una forma parte de la otra, donde la bóveda se proyecta horizontalmente y la cúpula se proyecta sobre sí misma respecto a un punto central.

Las cúpulas son elementos de doble curvatura clasificadas como piezas sinclásticas, es decir, que su curvatura tiene doble signo positivo.

La función de la cúpula no es otra que cubrir espacios, ya sean de plantas circulares, poligonales, cuadradas o elípticas. Pueden cubrir grandes luces con la mínima superficie.

La cúpula que cubre la planta elíptica de la iglesia está formada por el sistema de bóvedas tabicadas³¹, estructura que genera la curvatura de ésta. Tiene una altura de 25 metros en los apoyos y 30 metros en su punto central. La cúpula tiene referencia en la de Santa Sofía de Constantinopla.

“El mejor ejemplo de este modo de pensar la arquitectura es Santa Sofía, en Constantinopla...”³²

31. Las bóvedas tabicadas es un sistema patentado por el arquitecto Rafael Guastavino.

32. Luis MOYA, “La obra arquitectónica del Orfelinato Minero de Gijón”, Capítulo “Notas sobre la iglesia”, Pág. 24.

5.2 Comportamiento mecánico de las cúpulas.

El peso propio de una cúpula genera unas fuerzas compresoras verticales que se distribuyen uniformemente en todo su perímetro. Dependiendo del ángulo de apertura de la cúpula, se encuentran compresiones y tracciones, es decir, si la estructura es muy tendida, se generan más fuerzas de tracción en la parte inferior que si es más curvada.

Son varias las teorías que contemplan los conceptos de estática y seguridad, necesarias para estudiar el funcionamiento de la cúpula donde, en este caso se analiza el elemento de fábrica, que no trabaja a tracción.

En primer lugar se habla de la Teoría de la cadena colgante de Hooke (1675), la cual explica el funcionamiento del arco mediante la resistencia, la rigidez, y la estabilidad. Hooke enuncia: "del mismo modo que cuelga el hilo flexible (o la cadena) así, pero invertido, se sostendrá el arco rígido".

En segundo lugar, cualquier estructura de fábrica está consolidada bajo la acción de la gravedad, es decir, la carga será la tensión general de compresión a lo largo del tiempo; de manera que, esta fuerza vertical, es la encargada de conservar la estabilidad y el equilibrio de los elementos que constituyen la cúpula. Esto se relaciona con el "Teorema de la Seguridad"³³ de Heyman, donde manifiesta que, encontrar una armonía entre tensiones internas y externas, hace que se genere un conjunto seguro.

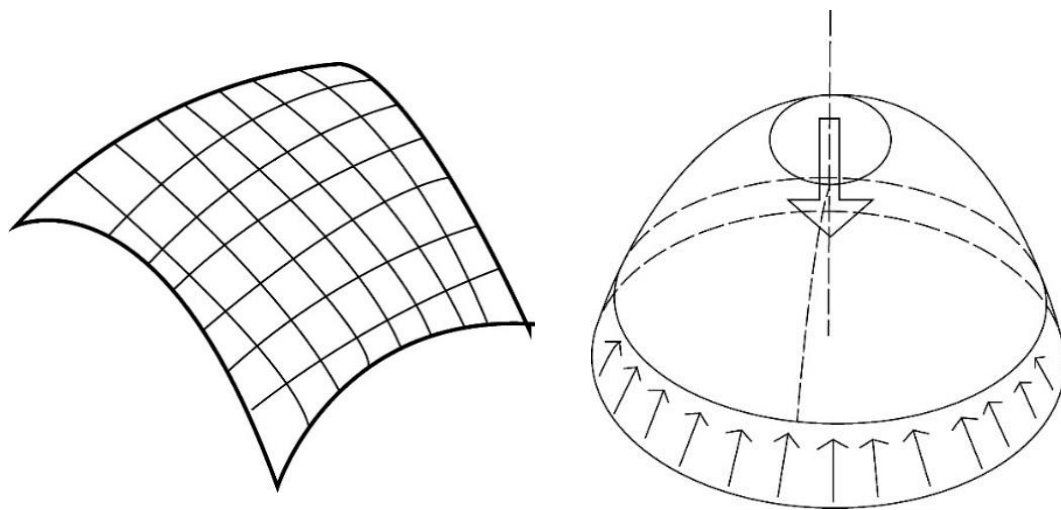


Fig. 13 y 14: Dibujos de membranas y funcionamiento de una cúpula.

33. Este comportamiento se explica detalladamente en "Teoría, historia y restauración de estructuras de fábrica", Jacques HEYMAN, La Teoría Plástica de las fábricas.

5.3 Análisis de la membrana.

"En la teoría de la membrana se supone que la superficie no tiene rigidez frente a la flexión, por lo que las fuerzas en la cáscara son solamente de tracción o de compresión (y las fuerzas de tracción son inadmisibles en las fábricas, lo que conduce a diferencias cruciales respecto a la teoría convencional)."³³

La cúpula como estructura laminada de doble curvatura, se estudia mediante la teoría de la membrana; un estudio de equilibrio que sirve de base para el diseño de superficies curvas. En este caso el análisis es más complejo debido a la geometría elíptica de la estructura, definida como cúpula de revolución de perfil elíptico.

Según esta teoría las tensiones se definen:

1. Estudiando donde se generan fuerzas de tracción, si el material trabaja a compresión.
2. Comprobando el pandeo, localizando la tensión máxima de compresión.
3. Determinando las posibles flexiones por desplazamiento.

El desplazamiento de la estructura base debe ser compatible con el desplazamiento de la cúpula, para evitar flexiones.

Para poder emplear la teoría de la membrana es necesario que la cúpula esté asentada uniformemente en todo su perímetro.

En la siguiente gráfica se muestra el análisis de las tensiones para una cúpula semiesférica; aunque en este caso la cúpula es elíptica, se utiliza como método para la hipótesis de cálculo.

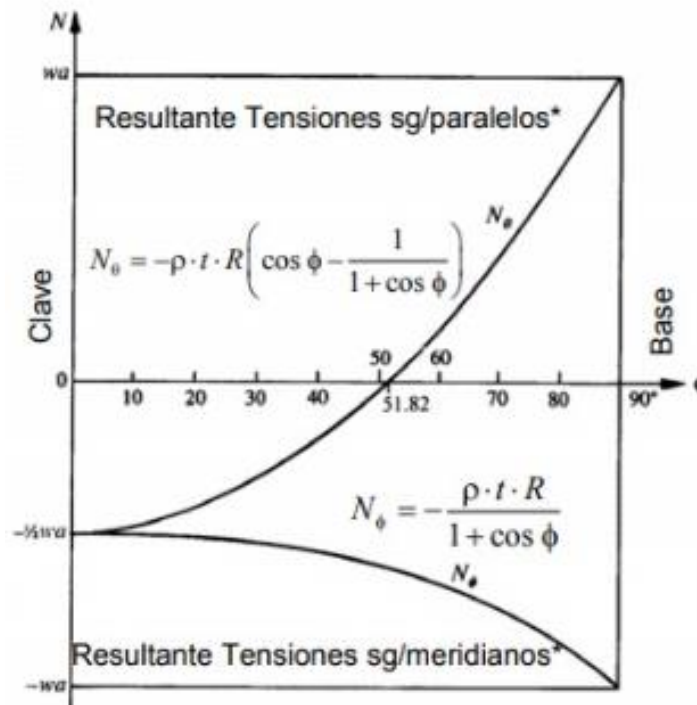


Fig.15: Comportamiento de las cúpulas, Libro "El esqueleto de piedra: mecánica de la arquitectura de fábrica", Jacques HEYMAN.³⁵

Según la teoría de la membrana, las cúpulas se consideran elementos sometidos a tensiones biaxiales, es decir, cada elemento diferencial que componen estas

estructuras, genera dos tensiones, una en el eje X (paralelos) y otra en el eje Y (meridianos). Ambas dependen del ángulo de apertura como única variable.

Como se ha mencionado anteriormente, la teoría de la membrana se lleva a cabo para el estudio de cúpulas esféricas, por lo que para este caso se utiliza la misma hipótesis pero de distinta manera. La cúpula elíptica no tiene un radio único, por lo tanto lo que se lleva a cabo es, en primer lugar una aproximación de tensiones con el eje longitudinal, y a continuación una estimación con el eje transversal, de tal manera que se analizan "dos cúpulas esféricas", una grande y otra más pequeña. Con ello se establece un rango de tensiones generales en ambos ejes y con distintos ángulos, para llegar a un primer entendimiento del funcionamiento de la cúpula.

A continuación se estiman los ángulos de apertura en ambos ejes, siendo el longitudinal de 29° , el transversal de 35° y el óculo de la linterna de 3° y 4° respectivamente.

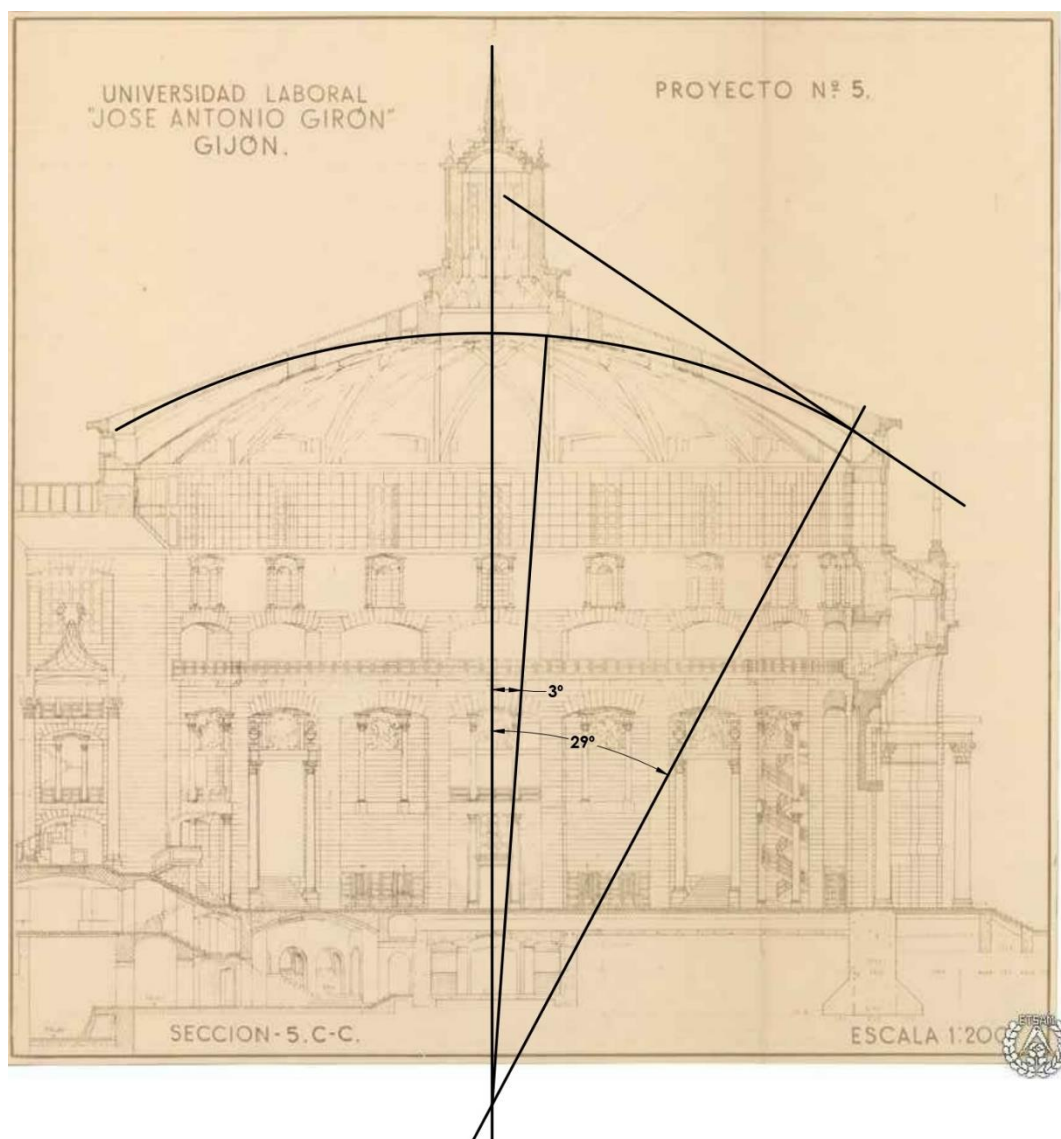


Fig.16: Estimación del ángulo de apertura en el eje longitudinal.

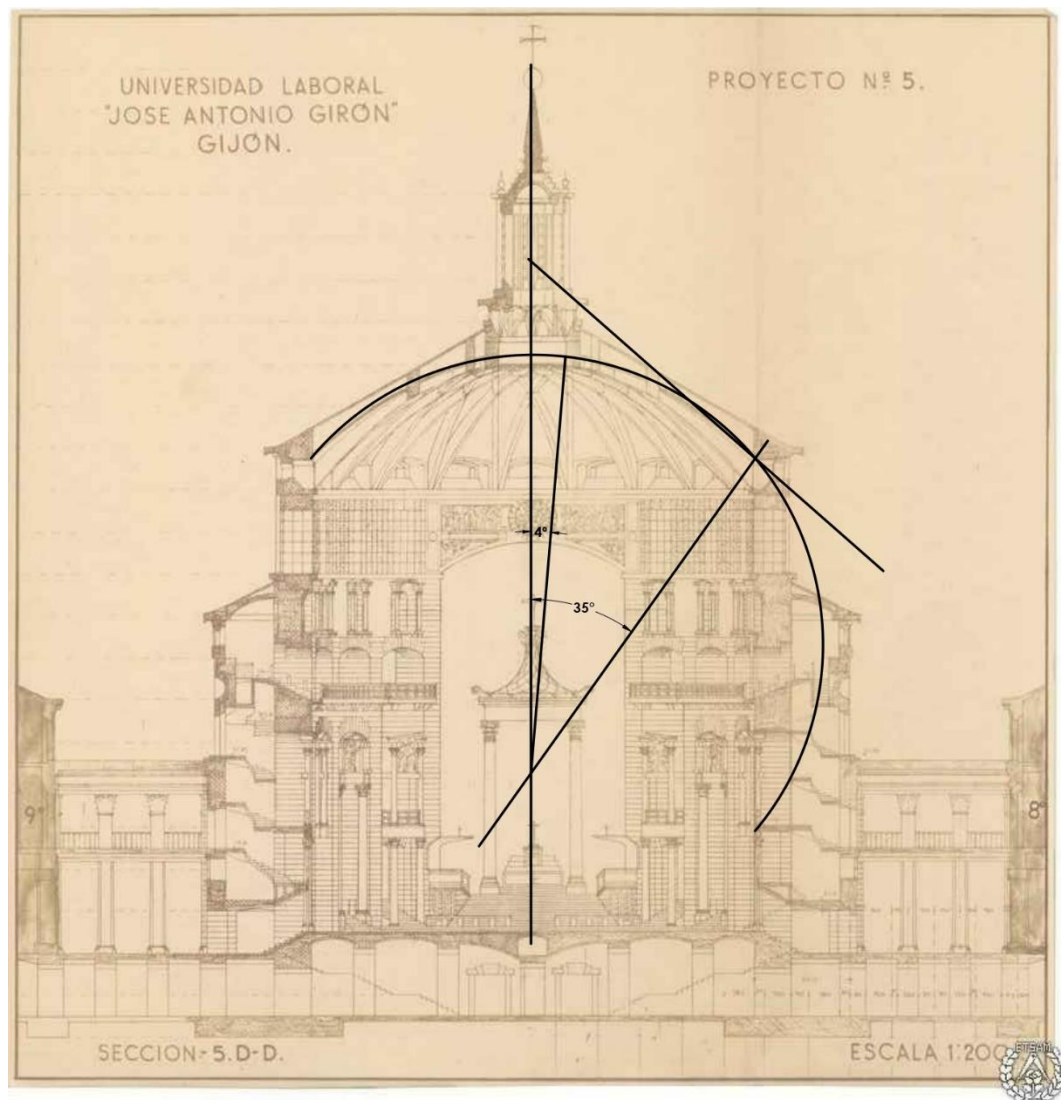


Fig.17: Estimación del ángulo de apertura transversal y del óculo de linterna.

Una vez estimados los ángulos se calculan las tensiones, en primer lugar sin tener en cuenta el peso de la linterna, según las siguientes ecuaciones localizadas anteriormente en la gráfica de Heyman:

$$N_{\phi} = -\rho \cdot t \cdot R \left(\cos \phi - \frac{1}{1 + \cos \phi} \right) \quad N_{\phi} = -\frac{\rho \cdot t \cdot R}{1 + \cos \phi}$$

RESULTANTE DE TENSIONES EN CÚPULAS ESFÉRICAS SG/TEORÍA DE LA MEMBRANA

Peso específico (kN/m³): 14.00

Espesor medio (m): 0.80

1 N/mm² = 1 MPa = 1 MN/m² = 1 000 kN/m²

Radio transv (m): 24.00

Radio longitudinal (m): 38.40

Angulo apertura (°)	fi (rd)	Tensión sg/paralelos (kN/m²)	Resultante Tensión sg/paralelos (kN/m)	Tensión sg/meridianos (kN/m²)	Resultante Tensión sg/meridianos (kN/m)
0.00	0.00	-168.00	-134.40	-168.00	-134.40
10.00	0.17	-161.61	-129.29	-169.29	-135.43
20.00	0.35	-142.51	-114.01	-173.22	-138.58
35.00	0.61	-90.53	-72.43	-184.70	-147.76

Angulo apertura	fi (rd)	Tensión sg/paralelos (kN/m²)	Resultante Tensión sg/paralelos (kN/m)	Tensión sg/meridianos (kN/m²)	Resultante Tensión sg/meridianos (kN/m)
0.00	0.00	-268.80	-215.04	-268.80	-215.04
5.00	0.09	-266.24	-212.99	-269.31	-215.45
15.00	0.26	-245.82	-196.66	-273.46	-218.77
29.00	0.51	-183.42	-146.73	-286.78	-229.42

TEORÍA DE LA MEMBRANA - TENSIONES RESULTANTES

ÁNGULO 0°

$$N\phi = \frac{-p \cdot t \cdot R}{1 + \cos\phi} \longrightarrow N\phi = \frac{-14,0,8,38,4}{1 + \cos(0)} = -215,04 \text{ kn/m} \longrightarrow \text{Tensión resultante meridianos y paralelos}$$

$$N\phi = \frac{-p \cdot t \cdot R}{1 + \cos\phi} \longrightarrow N\phi = \frac{-14,0,8,24}{1 + \cos(0)} = -134,40 \text{ kn/m} \longrightarrow \text{Tensión resultante meridianos y paralelos}$$

ÁNGULO 5° y 10°

$$N\phi = \frac{-p \cdot t \cdot R}{1 + \cos\phi} \longrightarrow N\phi = \frac{-14,0,8,38,4}{1 + \cos(5)} = -215,45 \text{ kn/m} \longrightarrow \text{Tensión resultante meridianos}$$

$$N\phi = \frac{-p \cdot t \cdot R}{1 + \cos\phi} \longrightarrow N\phi = \frac{-14,0,8,24}{1 + \cos(10)} = -135,42 \text{ kn/m} \longrightarrow \text{Tensión resultante meridianos}$$

$$N\phi = -p \cdot t \cdot R \cdot \left(\cos\phi - \frac{1}{1 + \cos\phi} \right) \longrightarrow N\phi = -14,0,8,38,4 \cdot \left(\cos(5) - \frac{1}{1 + \cos(5)} \right) = -212,99 \text{ kn/m} \longrightarrow \text{Tensión resultante paralelos}$$

$$N\phi = -p \cdot t \cdot R \cdot \left(\cos\phi - \frac{1}{1 + \cos\phi} \right) \longrightarrow N\phi = -14,0,8,24 \cdot \left(\cos(10) - \frac{1}{1 + \cos(10)} \right) = -129,28 \text{ kn/m} \longrightarrow \text{Tensión resultante paralelos}$$

ÁNGULO 15° y 20°

$$N\phi = \frac{-p \cdot t \cdot R}{1 + \cos\phi} \longrightarrow N\phi = \frac{-14,0,8,38,4}{1 + \cos(15)} = -218,76 \text{ kn/m} \longrightarrow \text{Tensión resultante meridianos}$$

$$N\phi = \frac{-p \cdot t \cdot R}{1 + \cos\phi} \longrightarrow N\phi = \frac{-14,0,8,24}{1 + \cos(20)} = -138,58 \text{ kn/m} \longrightarrow \text{Tensión resultante meridianos}$$

$$N\phi = -p \cdot t \cdot R \cdot \left(\cos\phi - \frac{1}{1 + \cos\phi} \right) \longrightarrow N\phi = -14,0,8,38,4 \cdot \left(\cos(15) - \frac{1}{1 + \cos(15)} \right) = -196,65 \text{ kn/m} \longrightarrow \text{Tensión resultante paralelos}$$

$$N\phi = -p \cdot t \cdot R \cdot \left(\cos\phi - \frac{1}{1 + \cos\phi} \right) \longrightarrow N\phi = -14,0,8,24 \cdot \left(\cos(20) - \frac{1}{1 + \cos(20)} \right) = -114,01 \text{ kn/m} \longrightarrow \text{Tensión resultante paralelos}$$

ÁNGULO 29° y 35°

$$N\phi = \frac{-p \cdot t \cdot R}{1 + \cos\phi} \longrightarrow N\phi = \frac{-14,0,8,38,4}{1 + \cos(29)} = -213,57 \text{ kn/m} \longrightarrow \text{Tensión resultante meridianos}$$

$$N\phi = \frac{-p \cdot t \cdot R}{1 + \cos\phi} \longrightarrow N\phi = \frac{-14,0,8,24}{1 + \cos(35)} = -147,76 \text{ kn/m} \longrightarrow \text{Tensión resultante meridianos}$$

$$N\phi = -p \cdot t \cdot R \cdot \left(\cos\phi - \frac{1}{1 + \cos\phi} \right) \longrightarrow N\phi = -14,0,8,38,4 \cdot \left(\cos(29) - \frac{1}{1 + \cos(29)} \right) = -146,73 \text{ kn/m} \longrightarrow \text{Tensión resultante paralelos}$$

$$N\phi = -p \cdot t \cdot R \cdot \left(\cos\phi - \frac{1}{1 + \cos\phi} \right) \longrightarrow N\phi = -14,0,8,24 \cdot \left(\cos(35) - \frac{1}{1 + \cos(35)} \right) = -72,42 \text{ kn/m} \longrightarrow \text{Tensión resultante paralelos}$$

34. Fragmento del libro "el esqueleto de piedra" de Jacques Heyman. Cap 3, apart 3.1 La cúpula como membrana.
35. Gráfica obtenida de la teoría del Máster Universitario de Rehabilitación Arquitectónica de la ETSAC, (UDC) impartido por Manuel Freire Tellado.

A continuación se calculan las tensiones considerando el peso de la linterna, donde para ello se utilizan las siguientes ecuaciones:

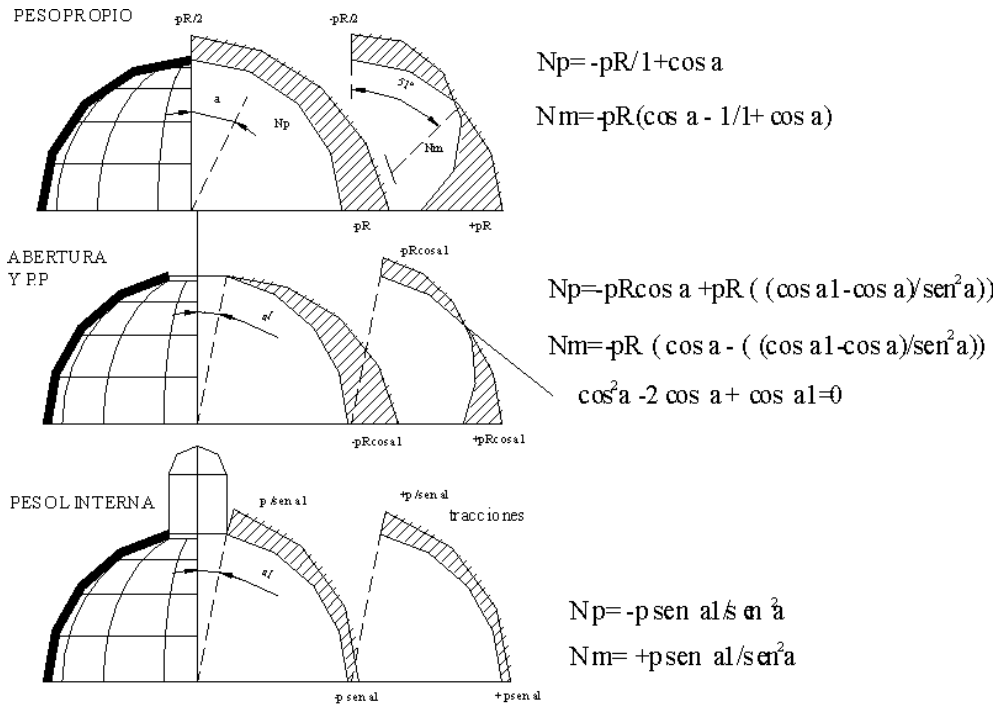


Fig.18: Gráfico realizado por el profesor Miguel Ángel Cobreros en su libro "Elementos estructurales de obra de fábrica".

RESULTANTE DE TENSIONES EN CÚPULAS ESFÉRICAS CON OCÚLOS SG/TEORÍA DE LA MEMBRANA															
Peso específico (kN/m³): 14.00			Espesor medio (m): 0.80			1 N/mm2 = 1 MPa = 1 MN/m2 = 1 000 kN/m2									
Radio tranv (m): 24.00			Apertura del óculo (°): 4.00			0.07		Peso linterna (kN/m): 263.00							
PESO PROPIO	Angulo apertura (°)		f (rd)	Tensión sg/paralelos (kN/m2)	Resultante Tensión sg/paralelos (kN/m)	Tensión sg/meridianos (kN/m2)	Resultante Tensión sg/meridianos (kN/m)	PESO LINTERNA	Angulo apertura (°)		f (rd)	Tensión sg/paralelos (kN/m2)	Resultante Tensión sg/paralelos (kN/m)	Tensión sg/meridianos (kN/m2)	Resultante Tensión sg/meridianos (kN/m)
	4.00		0.07	-251.28	-201.03	-335.38	-268.15		4.00		0.07	-4712.82	-3770.26	4712.82	3770.26
	10.00		0.17	-251.72	-201.38	-188.75	-151.00		10.00		0.17	-760.52	-608.41	760.52	608.41
	20.00		0.35	-253.79	-203.03	-149.51	-119.61		20.00		0.35	-196.04	-156.83	196.04	156.83
	35.00		0.61	-259.53	-207.63	-93.02	-74.42		35.00		0.61	-69.71	-55.76	69.71	55.76

RESULTANTE DE TENSIONES EN CÚPULAS ESFÉRICAS CON OCÚLOS SG/TEORÍA DE LA MEMBRANA															
Peso específico (kN/m³): 14.00			Espesor medio (m): 0.80			1 N/mm2 = 1 MPa = 1 MN/m2 = 1 000 kN/m2									
Radio long (m): 38.40			Apertura del óculo (°): 3.00			0.052359678		Peso linterna (kN/m): 283.00							
PESO PROPIO	Angulo apertura (°)		f (rd)	Tensión sg/paralelos (kN/m2)	Resultante Tensión sg/paralelos (kN/m)	Tensión sg/meridianos (kN/m2)	Resultante Tensión sg/meridianos (kN/m)	PESO LINTERNA	Angulo apertura (°)		f (rd)	Tensión sg/paralelos (kN/m2)	Resultante Tensión sg/paralelos (kN/m)	Tensión sg/meridianos (kN/m2)	Resultante Tensión sg/meridianos (kN/m)
	3.00		0.05	-402.46	-322.04	-515.85	-479.49		3.00		0.05	-6781.53	-5425.23	6781.53	5425.23
	5.00		0.09	-402.63	-322.10	-361.23	-290.59		5.00		0.09	-2265.03	-1812.02	2265.03	1812.02
	15.00		0.26	-404.79	-323.83	-255.83	-205.16		15.00		0.26	-355.15	-285.11	355.15	285.11
	29.00		0.51	-411.45	-329.16	-186.55	-149.24		29.00		0.51	-73.20	-58.56	73.20	58.56

TEORÍA DE LA MEMBRANA EN CÚPULA DE EJE 24m - TENSIONES RESULTANTES PESO LINTERNA

ÁNGULO 4°

$$N_p = -p \frac{\sin(\alpha)}{\sin(\alpha)} \longrightarrow N_p = -263 \frac{\sin(4)}{\sin(4)} = -3770,26 \text{ kn/m} \longrightarrow \text{Tensión resultante paralelos}$$

$$N_m = p \frac{\sin(\alpha)}{\sin^2(\alpha)} \longrightarrow N_m = 263 \frac{\sin(4)}{\sin^2(4)} = 3770,26 \text{ kn/m} \longrightarrow \text{Tensión resultante meridianos}$$

ÁNGULO 10°

$$N_p = -p \frac{\sin(\alpha)}{\sin(\alpha)} \longrightarrow N_p = -263 \frac{\sin(10)}{\sin(10)} = -608,41 \text{ kn/m} \longrightarrow \text{Tensión resultante paralelos}$$

$$N_m = p \frac{\sin(\alpha)}{\sin^2(\alpha)} \longrightarrow N_m = 263 \frac{\sin(10)}{\sin^2(10)} = 608,41 \text{ kn/m} \longrightarrow \text{Tensión resultante meridianos}$$

ÁNGULO 20°

$$N_p = -p \frac{\sin(\alpha)}{\sin(\alpha)} \longrightarrow N_p = -263 \frac{\sin(20)}{\sin(20)} = -156,83 \text{ kn/m} \longrightarrow \text{Tensión resultante paralelos}$$

$$N_m = p \frac{\sin(\alpha)}{\sin^2(\alpha)} \longrightarrow N_m = 263 \frac{\sin(20)}{\sin^2(20)} = 156,83 \text{ kn/m} \longrightarrow \text{Tensión resultante meridianos}$$

ÁNGULO 35°

$$N_p = -p \frac{\sin(\alpha)}{\sin(\alpha)} \longrightarrow N_p = -263 \frac{\sin(35)}{\sin(35)} = -55,76 \text{ kn/m} \longrightarrow \text{Tensión resultante paralelos}$$

$$N_m = p \frac{\sin(\alpha)}{\sin^2(\alpha)} \longrightarrow N_m = 263 \frac{\sin(35)}{\sin^2(35)} = 55,76 \text{ kn/m} \longrightarrow \text{Tensión resultante meridianos}$$

TEORÍA DE LA MEMBRANA EN CÚPULA DE EJE 24m - TENSIONES RESULTANTES PESO PROPIO

ÁNGULO 4°

$$N_p = -p \cdot R \cdot \left\{ \cos(\alpha) \frac{\cos(\alpha)}{(1+\cos(\alpha)) \cdot (1+\cos(\alpha))} \right\} \longrightarrow N_p = -14,24 \cdot (\cos(4) \cdot \frac{\cos(4)}{(1+\cos(4)) \cdot (1+\cos(4))}) = 251,28 \cdot 0,8 = -201,80 \text{ kn/m} \longrightarrow \text{Tensión resultante paralelos}$$

$$N_m = -p \cdot R \cdot \left\{ \cos(\alpha) \frac{\cos(\alpha) - \cos(\alpha)}{\sin^2(\alpha)} \right\} \longrightarrow N_m = -335,18 \cdot 0,8 = -268,14 \text{ kn/m} \longrightarrow \text{Tensión resultante meridianos}$$

ÁNGULO 10°

$$N_p = -p \cdot R \cdot \left\{ \cos(\alpha) \frac{\cos(\alpha)}{(1+\cos(\alpha)) \cdot (1+\cos(\alpha))} \right\} \longrightarrow N_p = -14,24 \cdot (\cos(10) \cdot \frac{\cos(10)}{(1+\cos(10)) \cdot (1+\cos(10))}) = 251,72 \cdot 0,8 = -201,38 \text{ kn/m} \longrightarrow \text{Tensión resultante paralelos}$$

$$N_m = -p \cdot R \cdot \left\{ \cos(\alpha) \frac{\cos(\alpha) - \cos(\alpha)}{\sin^2(\alpha)} \right\} \longrightarrow N_m = -188,75 \cdot 0,8 = -151 \text{ kn/m} \longrightarrow \text{Tensión resultante meridianos}$$

ÁNGULO 20°

$$N_p = -p \cdot R \cdot \left\{ \cos(\alpha) \frac{\cos(\alpha)}{(1+\cos(\alpha)) \cdot (1+\cos(\alpha))} \right\} \longrightarrow N_p = -14,24 \cdot (\cos(20) \cdot \frac{\cos(20)}{(1+\cos(20)) \cdot (1+\cos(20))}) = 253,70 \cdot 0,8 = -202,95 \text{ kn/m} \longrightarrow \text{Tensión resultante paralelos}$$

$$N_m = -p \cdot R \cdot \left\{ \cos(\alpha) \frac{\cos(\alpha) - \cos(\alpha)}{\sin^2(\alpha)} \right\} \longrightarrow N_m = -149,51 \cdot 0,8 = -119,60 \text{ kn/m} \longrightarrow \text{Tensión resultante meridianos}$$

ÁNGULO 35°

$$N_p = -p \cdot R \cdot \left\{ \cos(\alpha) \frac{\cos(\alpha)}{(1+\cos(\alpha)) \cdot (1+\cos(\alpha))} \right\} \longrightarrow N_p = -14,24 \cdot (\cos(35) \cdot \frac{\cos(35)}{(1+\cos(35)) \cdot (1+\cos(35))}) = 259,44 \cdot 0,8 = -207,55 \text{ kn/m} \longrightarrow \text{Tensión resultante paralelos}$$

$$N_m = -p \cdot R \cdot \left\{ \cos(\alpha) \frac{\cos(\alpha) - \cos(\alpha)}{\sin^2(\alpha)} \right\} \longrightarrow N_m = -93,02 \cdot 0,8 = -74,42 \text{ kn/m} \longrightarrow \text{Tensión resultante meridianos}$$

TEORÍA DE LA MEMBRANA EN CÚPULA DE EJE 38,4m - TENSIONES RESULTANTES PESO LINTERNA

ÁNGULO 3°

$$N_p = -p \frac{\sin(\alpha)}{\sin(\alpha)} \longrightarrow N_p = -263 \frac{\sin(3)}{\sin(3)^2} = -5025,22 \text{ kn/m} \longrightarrow \text{Tensión resultante paralelos}$$

$$N_m = p \frac{\sin(\alpha)}{\sin^2(\alpha)} \longrightarrow N_m = 263 \frac{\sin(3)}{\sin^2(3)} = 5025,22 \text{ kn/m} \longrightarrow \text{Tensión resultante meridianos}$$

ÁNGULO 5°

$$N_p = -p \frac{\sin(\alpha)}{\sin(\alpha)} \longrightarrow N_p = -263 \frac{\sin(5)}{\sin(5)^2} = -1812,02 \text{ kn/m} \longrightarrow \text{Tensión resultante paralelos}$$

$$N_m = p \frac{\sin(\alpha)}{\sin^2(\alpha)} \longrightarrow N_m = 263 \frac{\sin(5)}{\sin^2(5)} = 1812,02 \text{ kn/m} \longrightarrow \text{Tensión resultante meridianos}$$

ÁNGULO 15°

$$N_p = -p \frac{\sin(\alpha)}{\sin(\alpha)} \longrightarrow N_p = -263 \frac{\sin(15)}{\sin(15)^2} = -205,48 \text{ kn/m} \longrightarrow \text{Tensión resultante paralelos}$$

$$N_m = p \frac{\sin(\alpha)}{\sin^2(\alpha)} \longrightarrow N_m = 263 \frac{\sin(15)}{\sin^2(15)} = 205,48 \text{ kn/m} \longrightarrow \text{Tensión resultante meridianos}$$

ÁNGULO 29°

$$N_p = -p \frac{\sin(\alpha)}{\sin(\alpha)} \longrightarrow N_p = -263 \frac{\sin(29)}{\sin(29)^2} = -58,56 \text{ kn/m} \longrightarrow \text{Tensión resultante paralelos}$$

$$N_m = p \frac{\sin(\alpha)}{\sin^2(\alpha)} \longrightarrow N_m = 263 \frac{\sin(29)}{\sin^2(29)} = 58,56 \text{ kn/m} \longrightarrow \text{Tensión resultante meridianos}$$

TEORÍA DE LA MEMBRANA EN CÚPULA DE EJE 38,4m - TENSIONES RESULTANTES PESO PROPIO

ÁNGULO 3°

$$N_p = -p.R. \left(\cos(\alpha) \frac{\cos(\alpha)}{(1+\cos(\alpha)).(1+\cos(\alpha))} \right) \longrightarrow N_p = -14,38,4.(\cos(3) \frac{\cos(3)}{(1+\cos(3)).(1+\cos(3))}) = -402,46.0,8 = -321,97 \text{ kn/m} \longrightarrow \text{Tensión resultante paralelos}$$

$$N_m = -p.R. \left(\cos(\alpha) \frac{\cos(\alpha)-\cos(\alpha)}{\sin^2(\alpha)} \right) \longrightarrow N_m = -536,86.0,8 = -429,50 \text{ kn/m} \longrightarrow \text{Tensión resultante meridianos}$$

ÁNGULO 5°

$$N_p = -p.R. \left(\cos(\alpha) \frac{\cos(\alpha)}{(1+\cos(\alpha)).(1+\cos(\alpha))} \right) \longrightarrow N_p = -14,38,4.(\cos(5) \frac{\cos(5)}{(1+\cos(5)).(1+\cos(5))}) = -402,63.0,8 = -322,10 \text{ kn/m} \longrightarrow \text{Tensión resultante paralelos}$$

$$N_m = -p.R. \left(\cos(\alpha) \frac{\cos(\alpha)-\cos(\alpha)}{\sin^2(\alpha)} \right) \longrightarrow N_m = -363,23.0,8 = -290,58 \text{ kn/m} \longrightarrow \text{Tensión resultante meridianos}$$

ÁNGULO 15°

$$N_p = -p.R. \left(\cos(\alpha) \frac{\cos(\alpha)}{(1+\cos(\alpha)).(1+\cos(\alpha))} \right) \longrightarrow N_p = -14,38,4.(\cos(15) \frac{\cos(15)}{(1+\cos(15)).(1+\cos(15))}) = -404,79.0,8 = -323,83 \text{ kn/m} \longrightarrow \text{Tensión resultante paralelos}$$

$$N_m = -p.R. \left(\cos(\alpha) \frac{\cos(\alpha)-\cos(\alpha)}{\sin^2(\alpha)} \right) \longrightarrow N_m = -256,82.0,8 = -205,45 \text{ kn/m} \longrightarrow \text{Tensión resultante meridianos}$$

ÁNGULO 29°

$$N_p = -p.R. \left(\cos(\alpha) \frac{\cos(\alpha)}{(1+\cos(\alpha)).(1+\cos(\alpha))} \right) \longrightarrow N_p = -14,38,4.(\cos(29) \frac{\cos(29)}{(1+\cos(29)).(1+\cos(29))}) = -411,45.0,8 = -329,16 \text{ kn/m} \longrightarrow \text{Tensión resultante paralelos}$$

$$N_m = -p.R. \left(\cos(\alpha) \frac{\cos(\alpha)-\cos(\alpha)}{\sin^2(\alpha)} \right) \longrightarrow N_m = -186,55.0,8 = -149,24 \text{ kn/m} \longrightarrow \text{Tensión resultante meridianos}$$

Las tensiones resultantes son el sumatorio de las tensiones del peso propio y de las de la linterna de la cúpula.

RESULTANTESE
N EL EJE
TRANSVERSAL

(°)	Resultante Tensión sg/paralelos (kN/m) PESO PROPIO	Resultante Tensión sg/meridianos (kN/m) PESO PROPIO	Resultante Tensión sg/paralelos (kN/m) LINTERNA	Resultante Tensión sg/meridianos (kN/m) LINTERNA	Resultante Tensión sg/paralelos (kN/m) TOTAL	Resultante Tensión sg/meridianos (kN/m) TOTAL
0.00	-201.03	-268.15	-3770.26	3770.26	-3971.29	3502.11
10.00	-201.38	-151.00	-608.41	608.41	-809.79	457.41
20.00	-203.03	-119.61	-156.83	156.83	-359.86	37.22
35.00	-207.63	-74.42	-55.76	55.76	-263.39	-18.66

RESULTANTESE
N EL EJE
LONGITUDINAL

(°)	Resultante Tensión sg/paralelos (kN/m) PESO PROPIO	Resultante Tensión sg/meridianos (kN/m) PESO PROPIO	Resultante Tensión sg/paralelos (kN/m) LINTERNA	Resultante Tensión sg/meridianos (kN/m) LINTERNA	Resultante Tensión sg/paralelos (kN/m) TOTAL	Resultante Tensión sg/meridianos (kN/m) TOTAL
3.00	-322.04	-429.49	-5025.23	5025.23	-5347.27	4595.74
5.00	-322.10	-290.59	-1812.00	1812.02	-2134.10	1521.43
15.00	-323.83	-205.46	-205.48	205.48	-529.31	0.02
29.00	-329.16	-149.24	-58.56	58.56	-387.72	-90.68

5.4 Estudio estructural de la cúpula de la iglesia.

La cúpula está construida con nervios de ladrillo que trabajan a compresión, los cuales descansan sobre un anillo inferior que funciona a tracción, debido a las fuerzas horizontales que genera el poco ángulo que tiene la cúpula. La estructura tiene un segundo anillo superior que trabaja a compresión a causa de los empujes que recibe de los arcos. También recibe el peso de la linterna, ya que este elemento genera cargas verticales en la coronación de la cúpula. En el remate se equilibran las fuerzas con los empujes horizontales producidos por los arcos sirviendo de base a la linterna.

Se introduce la estructura en el programa RFEM³⁶ para analizar las posibles deformaciones de la estructura. Tras dibujar la estructura en el programa Autocad 3d, se incorpora al análisis, se describen cada una de las barras y se introducen los apoyos.

Los arcos se constituyen de varias hiladas de ladrillos aparejados, de tal manera que el programa interpreta estas barras como grandes ladrillos de 1 metro de canto, (dato a tener en cuenta). Se hace una estimación de cargas utilizando los datos que se conocen.

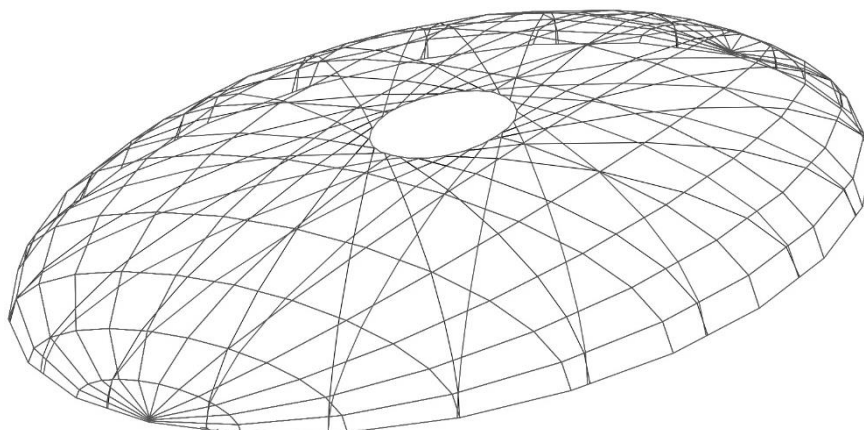


Fig.19: Introducción de la estructura en Autocad. Vista estructura alámbrica

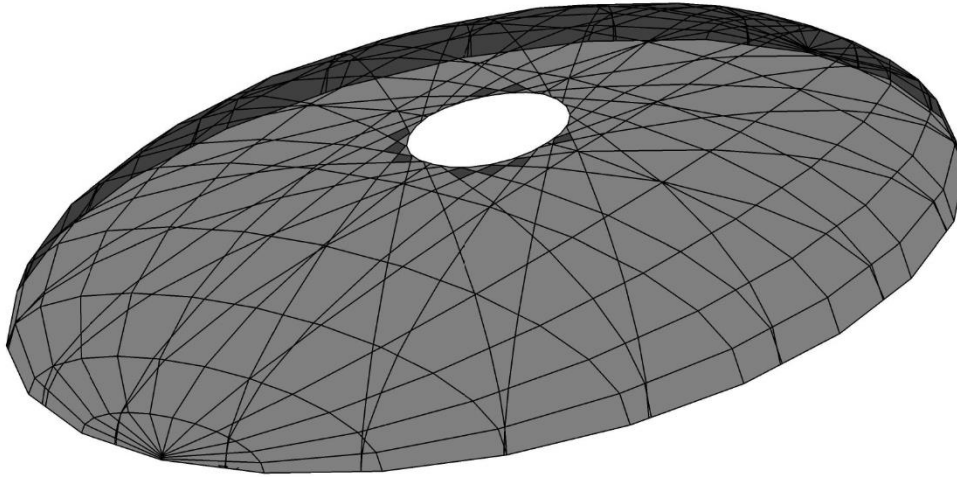


Fig. 20: Introducción de la estructura en Autocad. Vista de rayos x

- ❖ Se describen todas las barras con los siguientes datos:³⁷
 - a. Descripción del material: Fábrica de ladrillo EN 1996-1-1
 - b. Módulo de elasticidad E [kN/cm²] : 700
 - c. Módulo de cortante G [kN/cm²] : 280
 - d. Coeficiente de Poisson: 0,250
 - e. Peso específico [kN/m³]: 15
 - f. Coeficiente de dilatación térmica [1/°C]: 6.00E-06
 - g. Coeficiente parcial: 1,00
 - h. Modelo del material: Isótropo de fábrica 2D

El coeficiente de parcialidad es igual a 1, ya que se estudia el comportamiento en servicio.

- ❖ Se consideran las cargas que supone el peso propio de los arcos:

Área: 723,84 m²

Peso estimado de la cúpula: 2300 toneladas.³⁸

Peso estimado de la linterna: 270 toneladas.

$$2300-270= 2030 \text{ toneladas. } \implies 2030/723,84 = 2,804 \text{ tn/m}^2$$

Paso de toneladas/m² a kg/m²

$$2,804 \text{ tn/m}^2 = 2804,48 \text{ kg/m}^2$$

36. . RFEM es un programa de análisis estructural por el método de elementos finitos. DLUBAL RFEM 5.09- SYSTEM

37. Datos b) c) y e) calculados según el CTE-DB-SE-F fábrica. Los datos d) f) h) incorporados por DLUBAL RFEM.

38. Dato obtenido del estudio de Félix SUAREZ Riestra, "La universidad Laboral de Gijón, la arquitectura al servicio de un nuevo estado y la ciudad para la formación de la sociedad".

Para conocer el peso que le corresponde a cada arco (zona sombreada), se estudia el ancho de banda que le pertenece a cada uno (zona rayada), de este modo se obtienen dos fuerzas con las que se deduce una carga media.

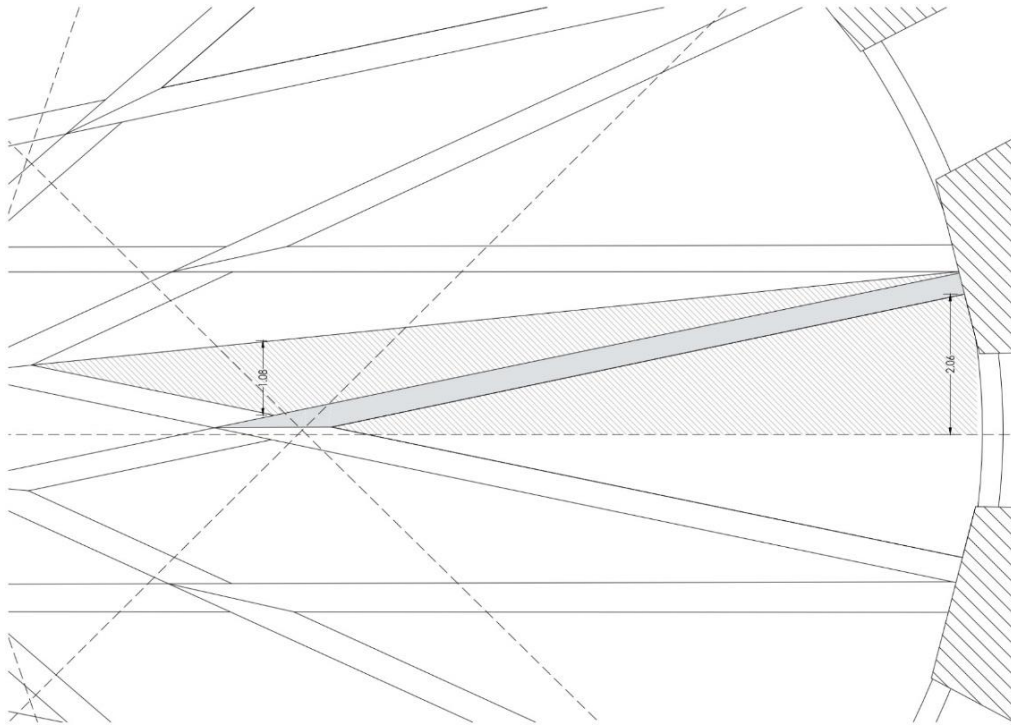
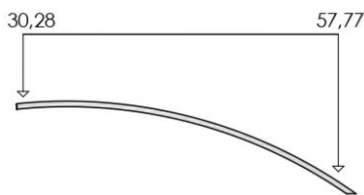


Fig. 21: Estimación de cargas en cada arco de la cúpula.

ESTIMACIÓN DE CARGAS EN ARCOS



$$2804,48 \text{ kg/m}^2 \cdot 2,06 \text{ m} = 5777,22 \text{ kg/m} = 57,77 \text{ kN/m}$$

$$2804,48 \text{ kg/m}^2 \cdot 1,08 \text{ m} = 3028,83 \text{ kg/m} = 30,28 \text{ kN/m}$$

$$\text{Estimación media} = (57,77 + 30,28)/2 = 44,29 = \mathbf{44,3 \text{ kN/m}}$$

❖ Se estiman las cargas que supone el peso de la linterna:

Área de la linterna: 35,18 m²

Peso estimado: 270 toneladas

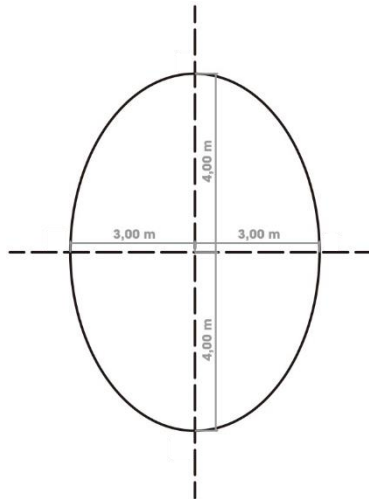
$$270 / 35,18 = 7,67 \text{ tn/m}^2$$

Vuelvo a pasar las toneladas a kilogramos:

$$7,67 \text{ tn/m}^2 = 7674,8 \text{ kg/m}^2$$

Para introducir el peso que ejerce la linterna en el anillo central, primero se calcula el perímetro de este y a continuación se divide el peso entre esta longitud.

ESTIMACIÓN DE CARGAS EN ÓCULO CENTRAL (LINTERNA)



$$\text{Perímetro} = \pi \cdot (a + b) \cdot \left[1 + \frac{3 \cdot H}{10 + \sqrt{4 - 3 \cdot H}} + \left(\frac{4}{\pi} - \frac{14}{11} \right) \cdot H^{12} \right]$$

$$H = \left(\frac{8 - 6}{8 + 6} \right)^2 = 0,02$$

$$P = \pi(8+6) \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot (0,02)}{10 + \sqrt{4 - 3 \cdot (0,02)}} + \left(\frac{4}{\pi} - \frac{14}{11} \right) \cdot (0,02)^{12} \right) = 44,11 \text{ m}$$

$$7674,8 \text{ kg/m}^2 / 44,11 \text{ m} = 174 \text{ kN/m}$$

Una vez introducidas las cargas, se calcula la estructura. El método llevado a cabo por el programa es el Análisis de grandes deformaciones (Newton- Raphson)

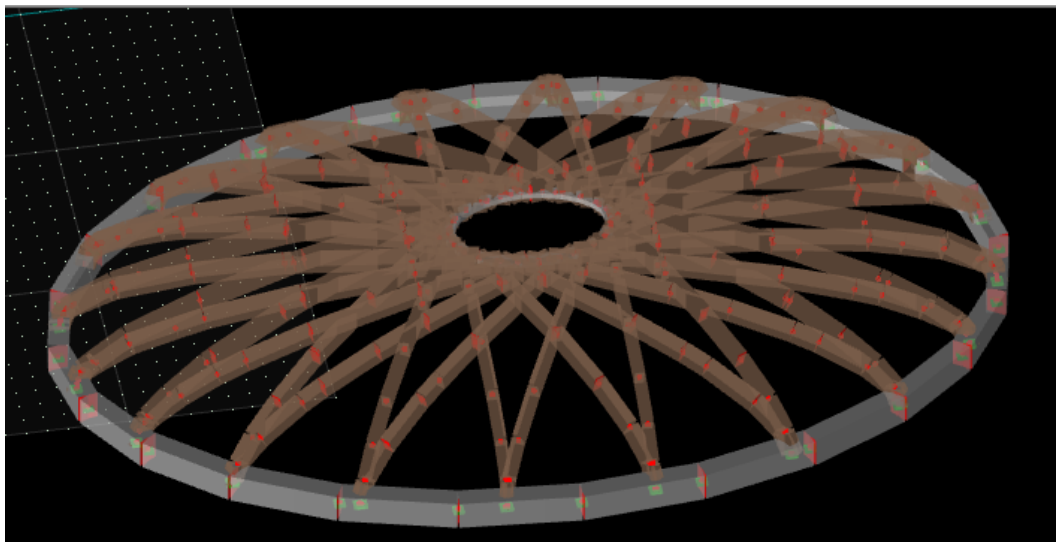


Fig.22: Análisis por el método de elementos finitos. Introducción de la estructura.

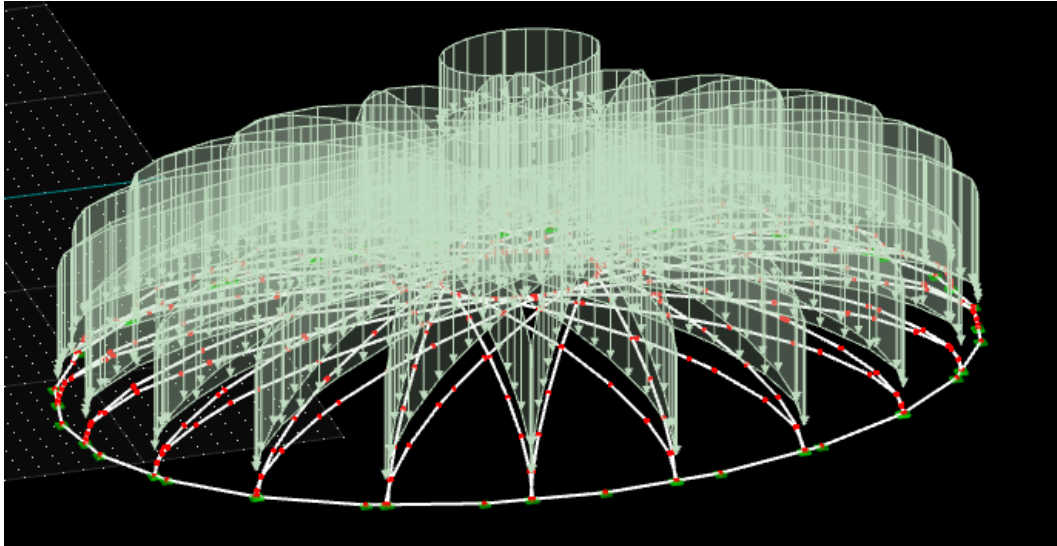


Fig.23: Análisis por el método de elementos finitos. Introducción de cargas.

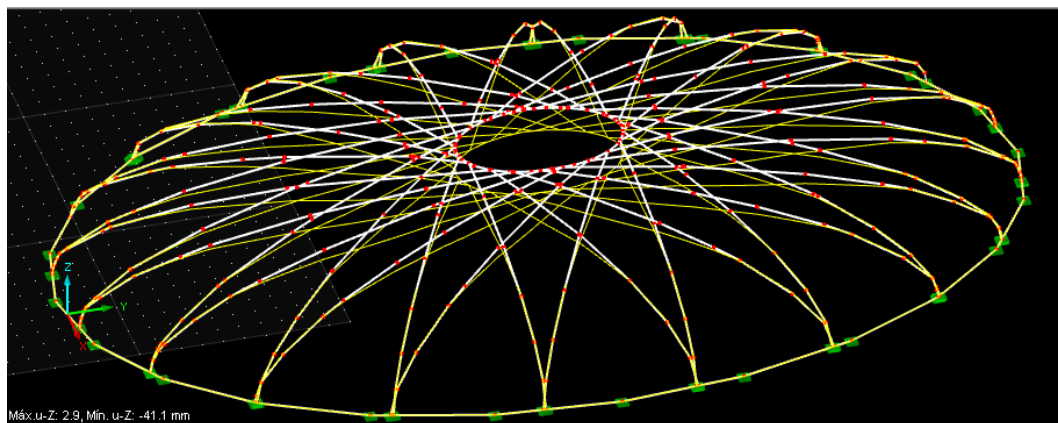


Fig.24: Análisis por el método de elementos finitos. Resultados: deformación eje Z

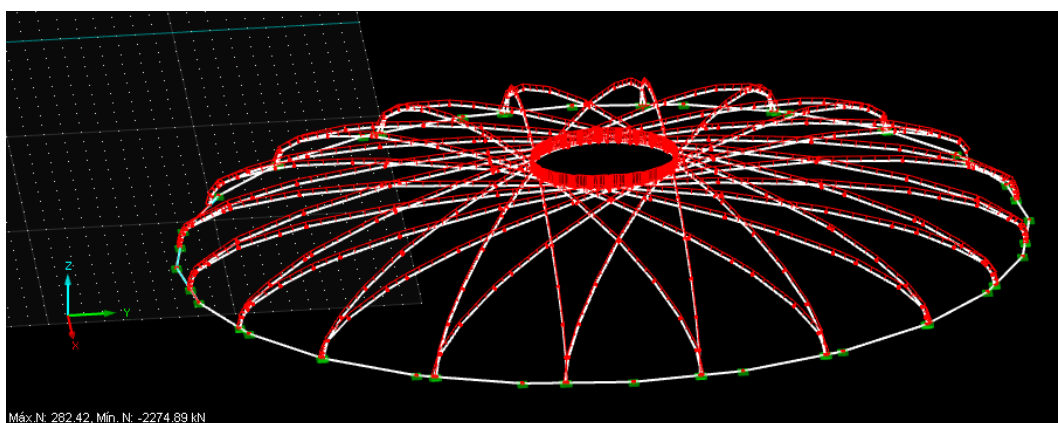


Fig.25: Análisis por el método de elementos finitos. Esfuerzos: axiales

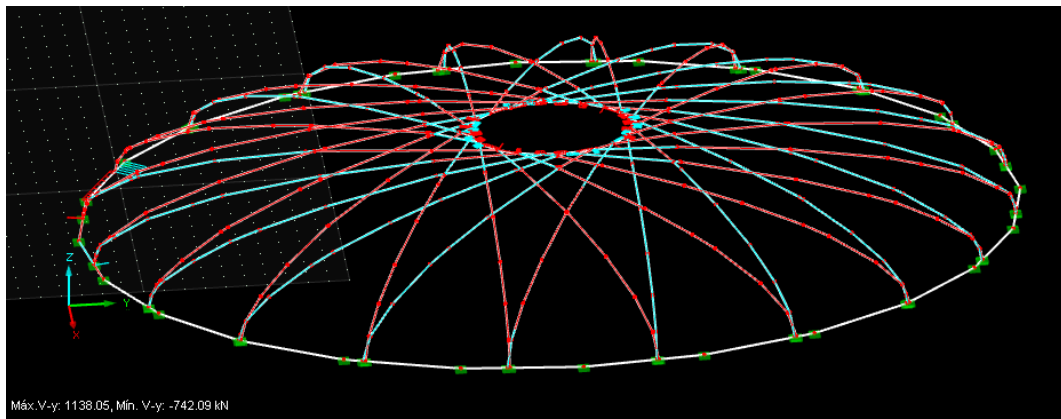


Fig.26: Análisis por el método de elementos finitos. Esfuerzos: cortantes eje Y

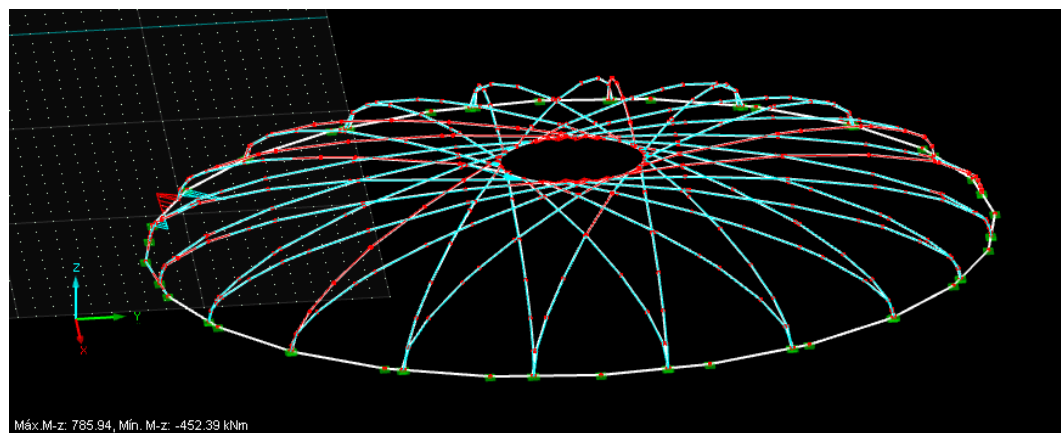


Fig.27: Análisis por el método de elementos finitos. Esfuerzos: Momentos eje Y

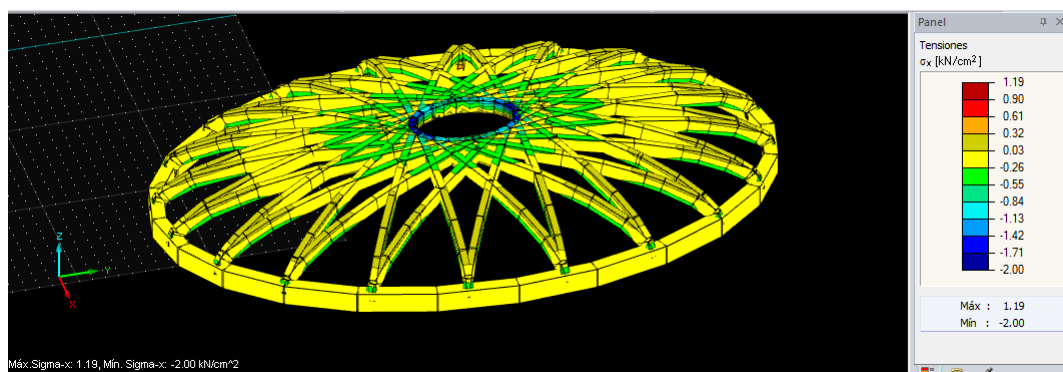


Fig.28: Análisis por el método de elementos finitos. Tensiones en barras, eje X

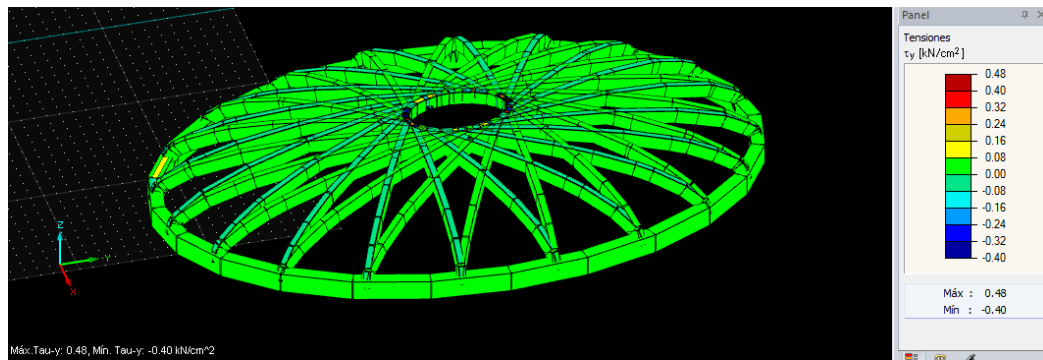


Fig.29: Análisis por el método de elementos finitos. Tensiones en barras, eje Y

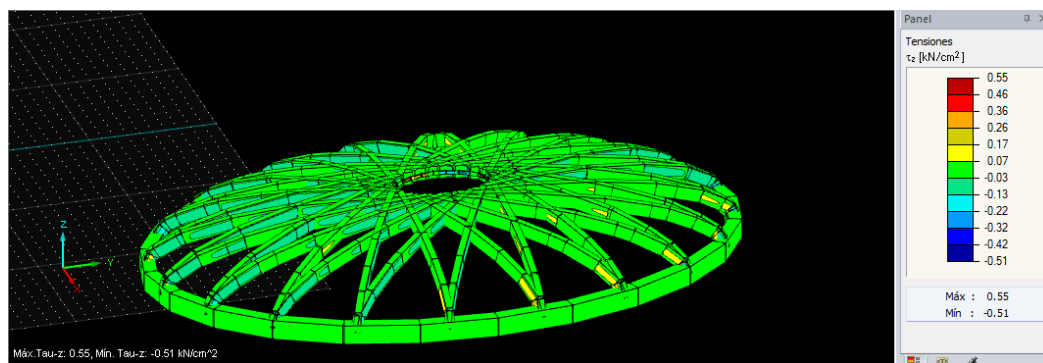


Fig.30: Análisis por el método de elementos finitos. Tensiones en barras, eje Z

Resultados:

(Para resultados detallados ver **Anexo- Resultados de cálculo**)

DEFORMACIONES

Se observa una deformación en el eje Z (eje vertical), de 4 cm, mientras que los ejes X e Y la deformación puede considerarse nula:

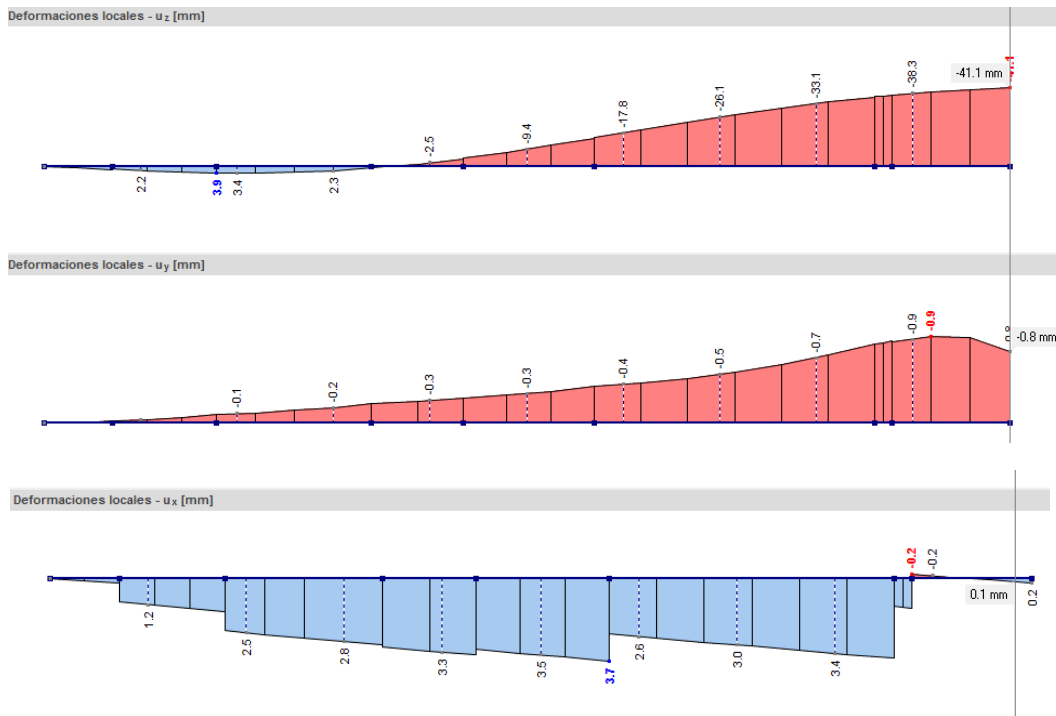


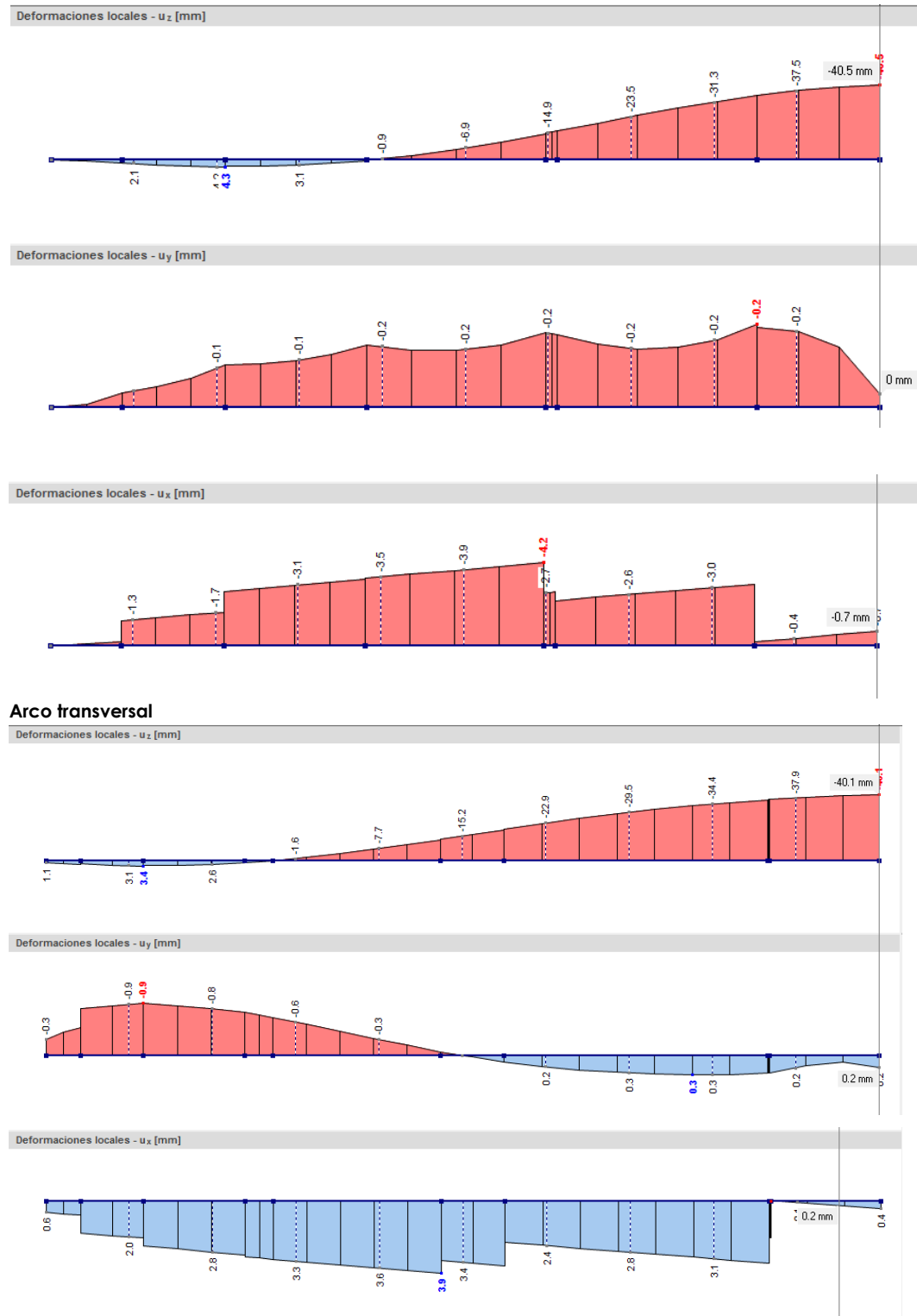
Fig.31: Deformaciones generales en los ejes x, y, z

Suponiendo que la estimación de flecha en este tipo de estructuras es de $L/250$, se comprueba:

$$24 \text{ m (eje menor)} \implies 2400 \text{ cm} / 250 = 9,6 \text{ cm.}$$

Por lo tanto se puede valorar que la deformación obtenida está dentro de un parámetro normal de desplazamiento, en el eje vertical.

A continuación se muestra la diferencia de deformaciones entre un arco en el eje transversal y uno en el eje longitudinal. Se observa que el arco del eje transversal tiene unas deformaciones en X e Y menos continuas que en el arco de sentido longitudinal.



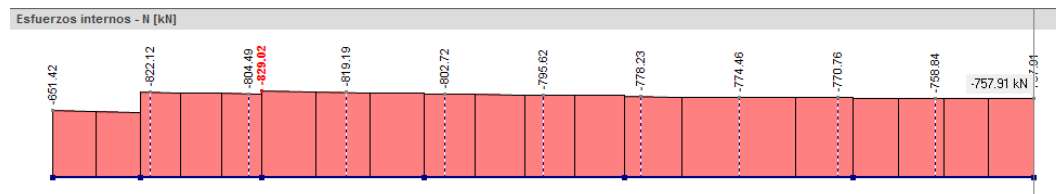
Arco longitudinal

Fig.32: Deformaciones locales en los ejes x, y, z

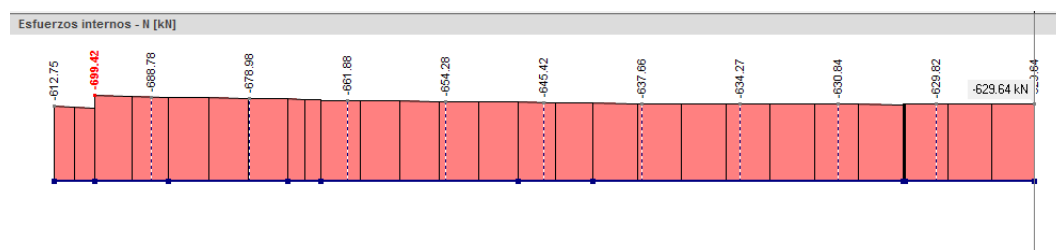
ESFUERZOS

Axiles

Se entiende cada arco como una viga biapoyada en sus extremos y puntualmente en el medio, con una distribución de carga uniforme. Se observa que la gráfica de axiles en todos los arcos es muy parecida, aumentando el axil en la zona de la linterna.



Arco transversal

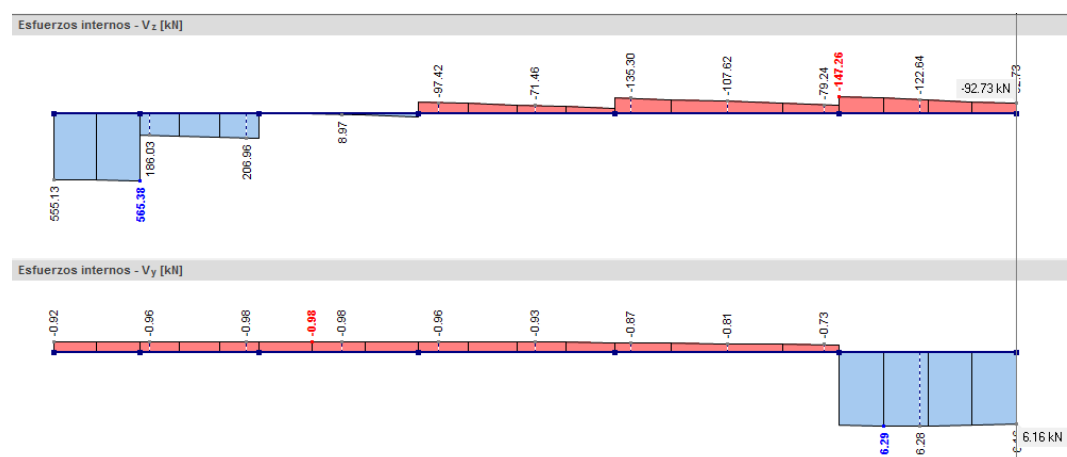


Arco longitudinal

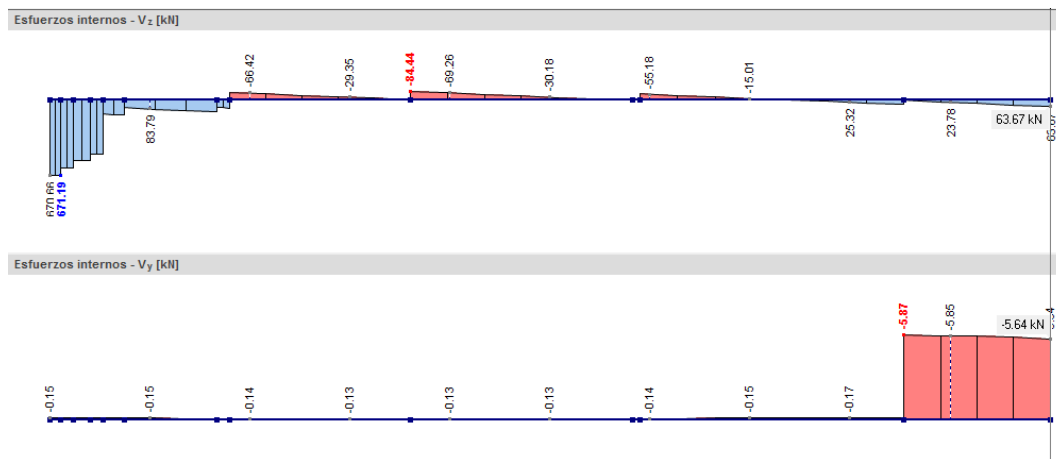
Fig.33: Esfuerzos internos locales. (Axiles)

Cortantes

Se observa unos niveles de cortantes parecidos en toda la estructura, exceptuando los cortantes en la zona del óculo de la linterna.



Arco transversal

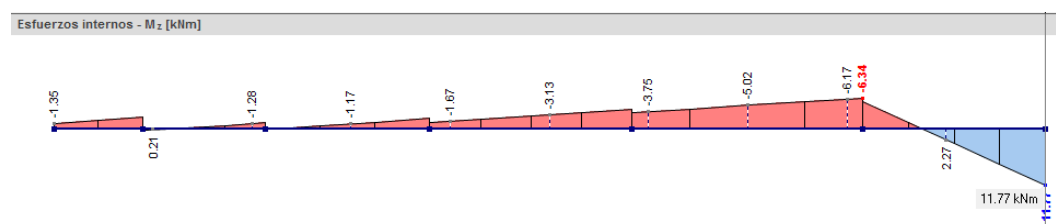


Arco longitudinal

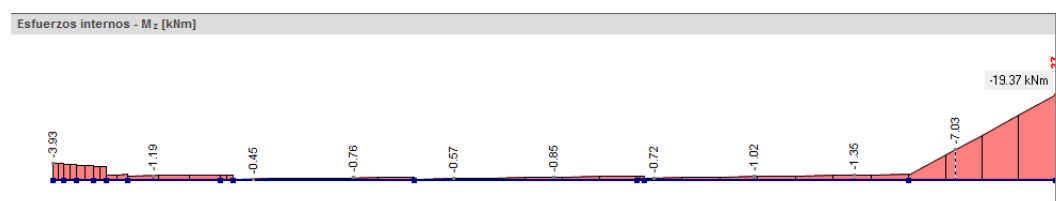
Fig.34: Esfuerzos internos locales. (Cortantes)

Momentos

Se contempla lo mismo que en los cortantes; mayores esfuerzos en el perímetro de la linterna.



Arco transversal



Arco longitudinal

Fig.35: Esfuerzos internos locales. (Momentos)

TENSIONES

En la gráfica de tensiones, tanto en el eje Y como en el eje Z se contempla que la mayoría de la estructura no excede los 0.04 kN/cm^2 . Aumentan las tensiones en el eje X, específicamente en el anillo central donde se encuentra el valor máximo, con 0.41 kN/cm^2 , y en los apoyos. (fig. 28, 29, 30).

Con estos valores máximos se puede comprobar que la fábrica resiste a compresión, ya que según el CTE DB-SE-F la resistencia característica a compresión de fábricas f_k (tabla 4.4) es igual a 4 N/mm^2 .

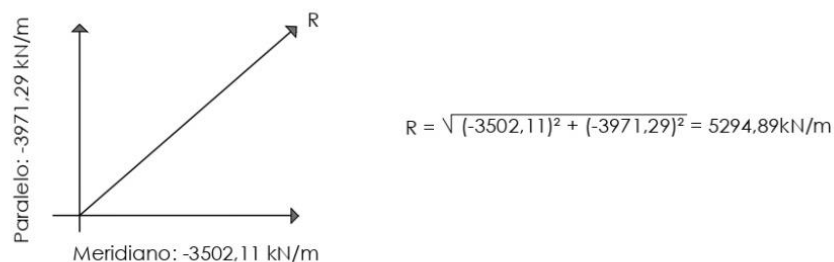
$$0.41 \text{ kN/cm}^2 = 0.041 \text{ N/mm}^2 \quad \text{menor que } 4 \text{ N/mm}^2$$

COMPARACIÓN DE TENSIONES

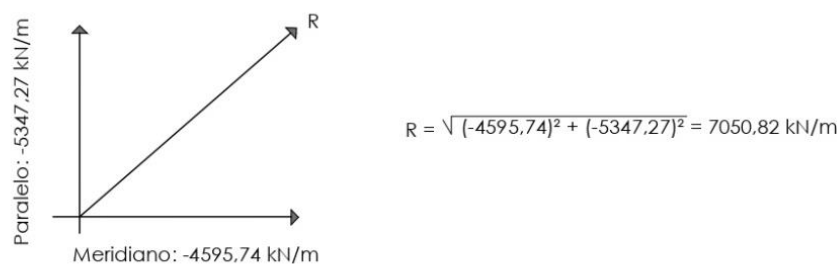
Tras analizar las tensiones mediante dos métodos distintos, se comparan los resultados:

COMPARACIÓN DE TENSIONES

Cúpula de eje 24 m - Teoría de la membrana



Cúpula de eje 38,4 m - teoría de la membrana



Tensiones en RFEM

$$0.41 \text{ kN/cm}^2 = 4100 \text{ kN/m}$$

Se comparan las tensiones más desfavorables y se observa que el resultado más parecido se obtiene con la estimación de la cúpula de eje 24 m. Se entiende que la diferencia de valores es debido al análisis de la cúpula mediante la teoría de la membrana, ya que está pensada para cúpulas esféricas y no elípticas.

6. LESIONES Y SOLUCIONES.³⁷

En este documento se describe el estado interior de la iglesia, analizando sus patologías y estableciendo las conclusiones.

6.1 Identificación de lesiones

Tras estudiar la información obtenida, se han detectado los siguientes daños:

1. Eflorescencias.³⁸ (fig. 36, 37, 39(1))
2. Manchas en paramentos. (fig.38)
3. Pérdidas de material. (fig.40, 41)
4. Grietas. (fig.39(3))
5. Hundimiento de la cúpula³⁹

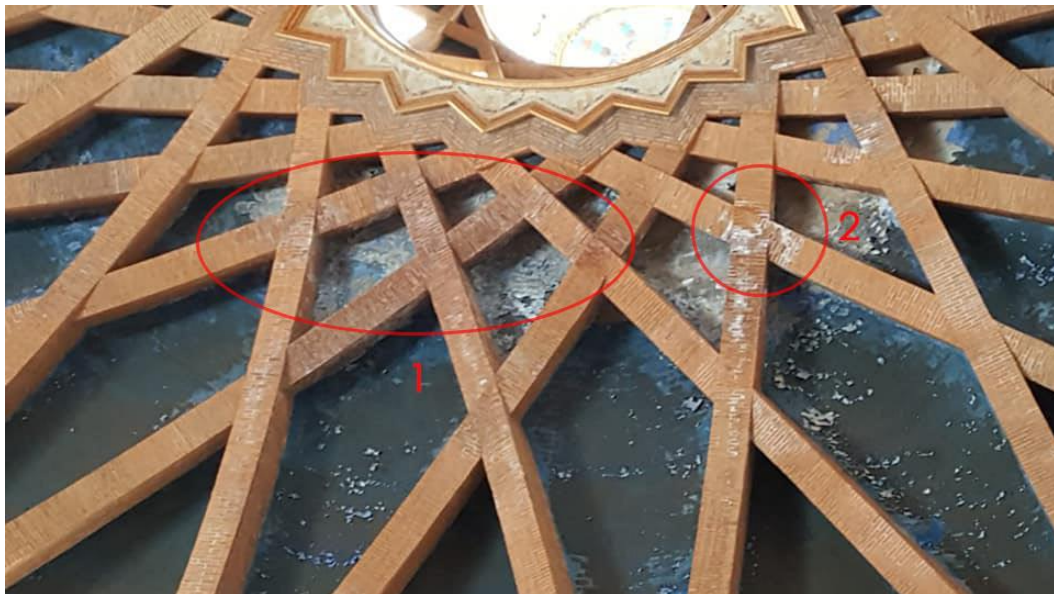


Fig.36: Eflorescencias localizadas en superficie y estructura próximas a filtraciones de agua en cubierta. (1), (2)

37. **NOTA:** Este punto se construye con la única información cedida por la Asociación de Antiguos Alumnos de la Universidad Laboral, debido a que con la situación actual del COVID-19, ha sido imposible desplazarse y acceder a la iglesia para identificar y estudiar personalmente las siguientes lesiones.

38. Las eflorescencias son manchas de color blanco, que se manifiestan debido a filtraciones de agua y humedades. Cuando el material se seca, el agua se evapora de tal manera que las sales solubles del agua y del propio material se cristalizan dando paso a la formación de estas manchas.

39. El periódico "La Nueva España" ha escrito un artículo donde se menciona que "La cúpula de la Laboral se hunde cada verano 26 mm" <https://www.lne.es/gijon/2020/01/24/cupula-laboral-hunde-verano-26/2588553.html>



Fig.37: Detalle de las eflorescencias localizadas en superficie y arcos de la cúpula.



Fig.38: Detalle de las diferentes humedades en las galerías superiores, (1), (2), (3)



Fig.39: Detalle de las grietas encima de la ventana (3), eflorescencias en los ladrillos del nivel superior (1), y detalle de una grieta reparada (2)





Fig.40, 41: Detalle de eflorescencias y levantamiento de pintura en la superficie entre arcos.

Para una mayor facilidad de lectura, las lesiones se agrupan en los siguientes apartados:

- ❖ Lesión 1, Humedades:
 - **Humedades por filtración:** Se consideran las humedades procedentes de cubierta a través de grietas o huecos. (fig.36, 37)
 - **Humedades por condensación:** Se consideran las humedades originadas por el vapor de agua que generalmente se producen en la parte interior de los paramentos. (fi.38)
- ❖ Lesión 2, Grietas.
- ❖ Lesión 3, Deterioro de materiales.

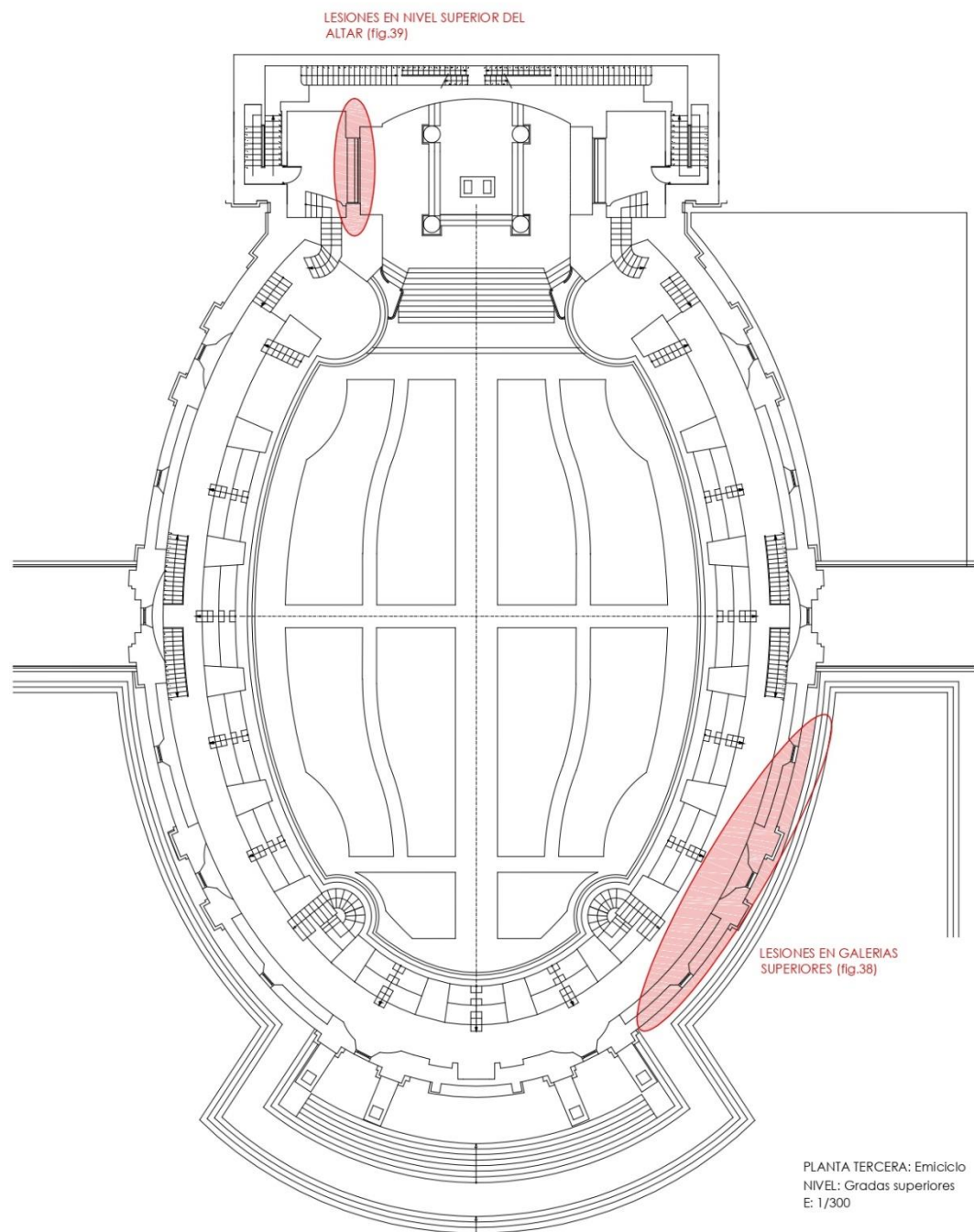


Fig.42: Localización de lesiones en las galerías superiores y nivel alto del altar.

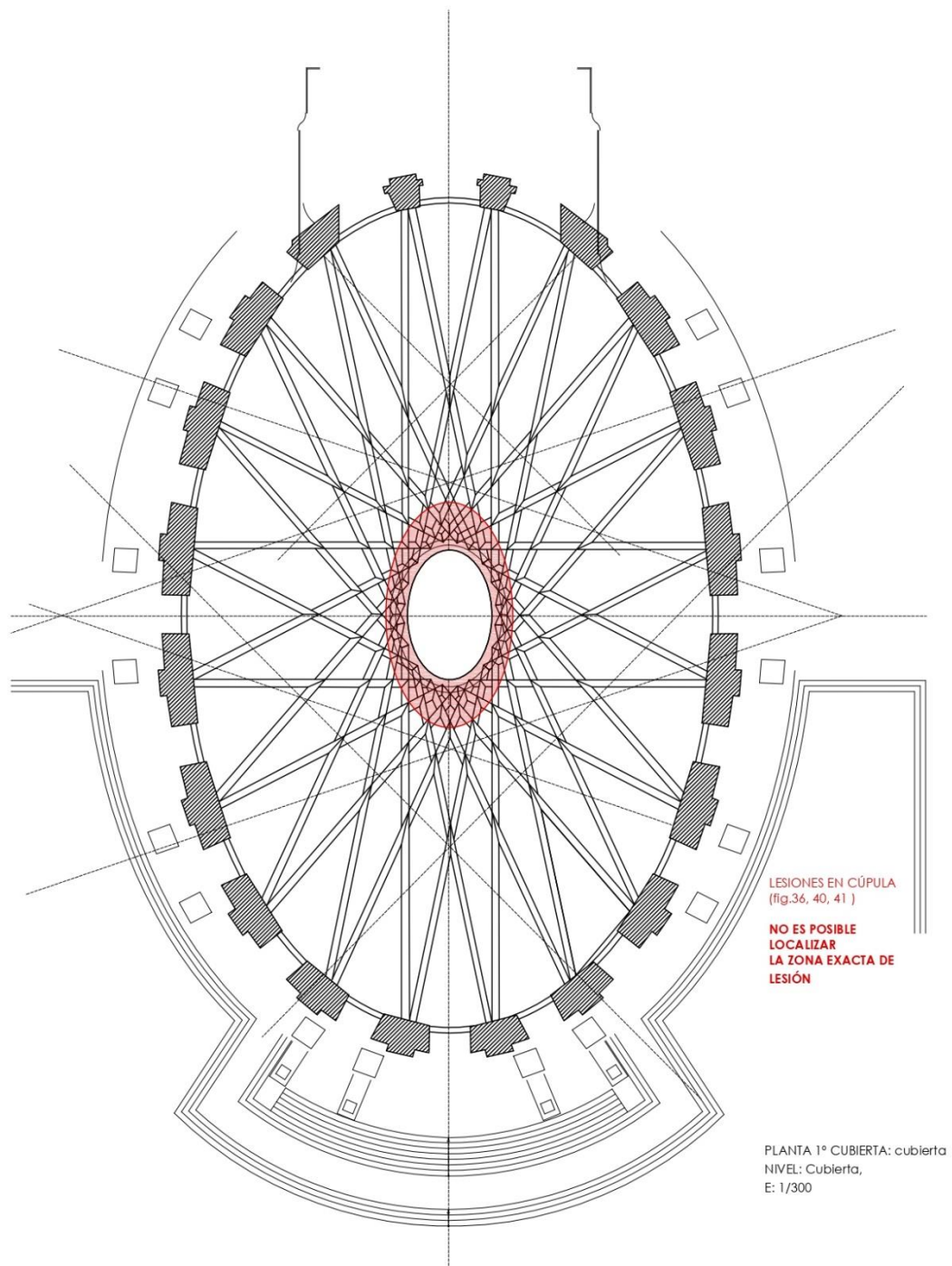


Fig.43: Localización de lesiones en la cúpula de la iglesia, zona del óculo de la linterna.

6.2 Análisis y comprobaciones

Se detectan humedades en forma de eflorescencias en superficies entre arcos, en los nervios de la cúpula, también en los paramentos de ladrillo del nivel inferior del tambor, y en torno al hueco de la linterna. Se puede apreciar que las eflorescencias aumentan a medida que se aproximan al hueco central; con esto, se puede deducir que hay filtraciones en la linterna, ya que es la zona que está en contacto con el exterior.

Al mismo tiempo se detectan humedades por condensación repartidas por las galerías superiores, donde se presentan manchas de color negro, producidas por la concentración de hongos en los paramentos fríos. Esto genera un deterioro en los materiales y un ambiente húmedo.⁴⁰ En la **fig. 38** podemos observar las manchas cerca del hueco, posiblemente producidas por filtración en este caso.

Se observan una serie de desperfectos en las superficies entre arcos, donde en la **fig. 40, 41** se puede ver como la pintura de la cúpula está totalmente levantada. Esto puede ser debido a humedades de filtración en la cubierta de la iglesia.

Se localizan grietas horizontales en el dintel de la ventana lateral, situada en el nivel superior del altar. Este tipo de grietas pueden originarse debido a un deterioro del material a lo largo del tiempo, en este caso, el desgaste de la piedra; o por otro lado a las propias humedades que se divisan cercanas a la grieta. El desgaste del material implica una pérdida de las propiedades mecánicas que conlleva a la aparición de fisuras en los distintos elementos. Pueden ser producidas también por movimientos estructurales no previstos, como el aumento de las dimensiones del ladrillo, anulando las juntas de dilatación y no permitiendo una absorción de movimientos. En este caso se puede deducir que son grietas estabilizadas y no hay peligro de apertura.

Hay otra hipótesis debida a movimientos estructurales no previstos, como por ejemplo acciones térmicas, o también pueden originarse por empujes de cubierta. Se descartan fuerzas por cortante, ya que en ese caso las grietas se abrirían a 45 grados.

Por otro lado, en la **fig. 39(2)** se puede observar como se ha reparado con mortero lo que debía ser una grieta.

6.3 Diagnóstico

Tras analizar los daños y realizar comprobaciones teóricas, se puede indicar lo siguiente:

- Las lesiones 1, 2 se producen en virtud del clima y el ambiente interior de la iglesia.
- Las diferentes humedades observadas en la cúpula (lesión 1 y 3), pueden ser provocadas por el agua de lluvia. Estas filtraciones se producen debido a que la cubierta no se encuentra correctamente impermeabilizada. Se puede pensar que a lo largo del tiempo la lámina ha sido dañada o ha perdido sus propiedades mecánicas. También puede ser debido a la falta de disposición de una barrera de vapor.
- Lesión 2, las humedades de condensación son producidas por grandes diferencias de temperatura, distintas humedades relativas entre el exterior y el interior, y una ventilación insuficiente de la iglesia. Aun así, muchas de estas humedades están asociadas a filtraciones del exterior.
- Las grietas (lesión 3), están ocasionadas por grandes humedades de filtración en el hueco de ventana, provocando un desprendimiento del material.

6.4 Soluciones de reparación.

Después de observar y analizar las patologías anteriores, se puede predecir que todas las lesiones tienen un nivel de gravedad bajo.

En relación a las humedades, en primer lugar, es aconsejable limpiar todas las eflorescencias y a continuación aplicar una protección al material. La solución más sencilla es utilizar agua a presión, pero tratarlas con un limpiador específico suele ser más eficaz. En segundo lugar es necesario controlar la humedad, para ello hay varias soluciones:

- Cambiar la cubierta.
- Sustituir la impermeabilización.
- Estudiar una nueva evacuación del agua.
- Tratamientos superficiales para impermeabilizar la cubierta

Cualquiera de los tratamientos debe cumplir las siguientes condiciones:⁴¹

- Garantizar la adherencia del producto a la base, aún en estado húmedo.
- Permitir la transpiración del paramento, siendo permeables al vapor de agua.

En relación a las grietas es necesario conservar la transmisión de esfuerzos mecánicos rellenando las fisuras con mortero de inyección, ejecución que se puede observar en la fig.39 (2).

40. RODRÍGUEZ, Ventura "Manual de Patología de la Edificación". Tomo 3. Apartado 1.2, Deterioro debido a las humedades o la presencia de agua.

41. RODRÍGUEZ, Ventura "Manual de Patología de la Edificación". Tomo 3. Apartado 3.5.3 Tratamientos para el exterior de los paramentos. A) Tratamientos superficiales.

7. CONCLUSIONES.

A lo largo del tiempo, la Universidad Laboral ha sido objeto de varias investigaciones, donde se ha reflexionado sobre su historia, su construcción y su función actual. El objetivo de este trabajo ha sido, partiendo de una base histórica y artística, el de profundizar en el campo de la construcción y la estructura de la iglesia, del que se obtienen las siguientes conclusiones:

- ❖ Tras este análisis, se observa que gran parte del complejo ha sido reformado, a excepción de la iglesia. Esto se debe a que la capilla ha perdido la función religiosa que tenía en su primera vida, y ha sido difícil otorgarle otra ocupación. De esta manera, se destaca el abandono funcional del espacio y una ausencia de mantenimiento.
- ❖ Sin embargo, la iglesia es uno de los edificios mejor contruidos de toda la Universidad, ya que desde su levantamiento no se han encontrado grandes deficiencias estructurales.
- ❖ Este análisis concluye, que las lesiones que presentan los arcos ocupan un rango normal, debido a una falta de conservación. Por otro lado, los desplazamientos de la estructura que se manifiestan en la prensa son cíclicos, es decir, la estructura sube y baja, debido tanto a los cambios de temperatura extremos como a los ciclos de vida de los materiales empleados. Estos movimientos no significan un hundimiento continuo de la cúpula.
- ❖ Pese a la falta de mantenimiento que está sufriendo, la iglesia se conserva en buen estado.
- ❖ Se observa un gran trabajo tanto de los arquitectos y aparejadores como de los operarios, a la hora de diseñar, plantear y construir este gran edificio en una época donde no existían los recursos de hoy en día.
- ❖ Como se ha mencionado anteriormente en el trabajo, esta situación de pandemia y confinamiento, ha hecho que no sea posible analizar con precisión la estructura de la cúpula, y sus correspondientes lesiones. En este sentido, se ha realizado un cálculo hipotético debido a la falta de datos reales.
- ❖ Debido al desarrollo del proyecto, que me dio la posibilidad de conocer e investigar más en profundidad la Universidad Laboral, manifiesto mi apoyo a la labor que se lleva a cabo en la Asociación de Antiguos Alumnos, quienes trabajan para la conservación y el bien general de su Universidad; y que tienen como objetivo, que la UNESCO declare la Laboral Patrimonio de la Humanidad.

8. FUENTES.

Bibliográficas.

- ARES, Inocencio (1999), "La Universidad Laboral: Obra artística de la Arquitectura española", Historia Viva, N° 37, El Comercio, pp. 1-32
- CAPITEL, Antón (1976), "La arquitectura de Luis Moya", ETSAM, pp. 13-20, 32-48, 126-129, 145.
- CAPITEL, Antón (1976), "La universidad Laboral de Gijón o el poder de las arquitecturas", Arquitecturas BIS, Barcelona, pp. 25-30
- CRABIFOSSE, Francisco (2007), "Un vistazo al momento actual del arte en Asturias", en Extensiones-anclajes, LABORAL Centro de Arte y Creación Industrial, Gijón. Pp. 8-25.
- ESTÉVEZ, Xerardo y Alberto García Martínez, "Plan de Usos de la Universidad Laboral de Gijón" ETSAM
- HEYMAN, Jacques (1995), "El esqueleto de piedra: mecánica de la arquitectura de fábrica", ETSAM, pp. 33-54
- HEYMAN, Jacques (1995), "Teoría, historia y restauración de Estructuras de fábrica", ETSAM, pp. 1-35
- MIGUEL, Carlos de (1995) "Sesión crítica de Arquitectura: La Universidad Laboral José Antonio Girón de Gijón", Revista Nacional de Arquitectura, Madrid, n° 168, pp. 35-40
- MOYA BLANCO, Luis (1946), "La arquitectura cortés", Revista Nacional de Arquitectura, Madrid, pp. 56-57
- MOYA BLANCO, Luis (1948) "La obra arquitectónica del Orfelinato Minero de Gijón", Fundación José Antonio Girón. Gijón
- RÍOS GONZÁLEZ, Sergio y César García de Castro Valdés (1997), "La Universidad Laboral", Trea, Gijón

Internet.

- BOE, número 167, "Decreto 19/2016, a 19 de Mayo, se declara bien de Interés Cultural, con la categoría de Monumento, la Universidad Laboral de Gijón", pp. 48772-48779
- COBREROS VIME, Miguel Ángel (2000), "Elementos estructurales de obra de fábrica". Ed1. Publicaciones on-Line, ETSA
- FREIRE TELLADO, Manuel, "Bóvedas de fábrica: Estimación de esfuerzos y verificación", ETSAC
- HUERTA, Santiago (2005), "Mecánica de las bóvedas de fábrica: El enfoque del equilibrio". Departamento de estructuras, UPM, pp. 157-176
- MUÑOZ HIDALGO, Manuel (2004), "Influencias, daños y tratamientos de las humedades en la edificación"
- PÉREZ VALCÁRCEL, Juan, "Estructuras laminares", Departamento de tecnología de la Construcción, ETSAC.
- REQUENA RUÍZ, Ignacio, "Análisis de tipologías estructurales: Bóveda, lámina, cúpula y paraboloide". Documento, pp.6-13
- RODRÍGUEZ, Ventura (2004), "Manual de Patología de la Edificación", Departamento de tecnología de la Edificación. EUATM
- SERRANO ALCUDIA, Fernando (1999), "Patología de la Edificación: El lenguaje de las grietas". Fundación escuela de la Edificación
- SUÁREZ RIESTRA, Félix (2012), "La Universidad Laboral de Gijón: La arquitectura al servicio de un nuevo estado y la ciudad para la formación de su sociedad", Máster universitario en Rehabilitación Arquitectónica, Departamento de Composición, ETSAC, pp. 95-116
- VALLINA VICTORERO, Lucía (2018), "Uso y cambio de uso en la Universidad Laboral de Gijón", Trabajo Fin de Grado, ETSAM, pp. 25-28
- https://es.wikipedia.org/wiki/Universidad_Laboral_de_Gij%C3%B3n
- <https://www.lugaresconhistoria.com/universidad-laboral-de-gijon-asturias>
- <https://www.europapress.es/asturias/noticia-cual-historia-universidad-laboral-gijon-20200215111458.html>
- https://es.wikipedia.org/wiki/Luis_Moya_Blanco

9. APÉNDICE GRÁFICO

CLASIFICACIÓN DE CÚPULAS



Fig.5: Tesoro de Atreo

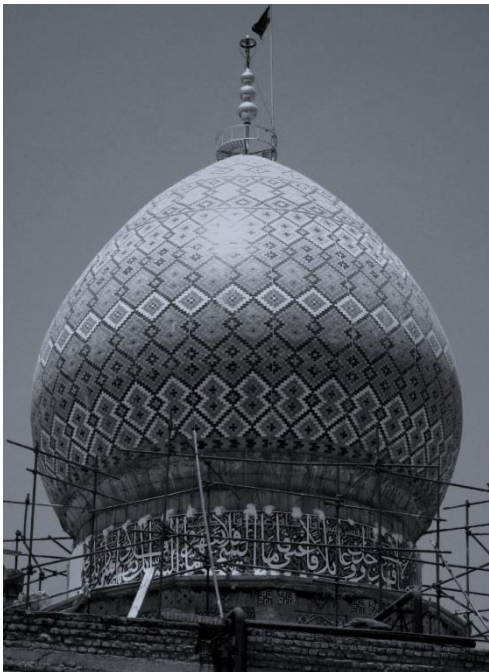


Fig.6: Cúpula de la tumba del Emir Alí, Irán. Ejemplo de cúpula persa.



Fig.7: Cúpula del Panteón de Roma.



Fig.8: Cúpula de Santa Sofía de Constantinopla. Cúpula bizantina.



Fig.9: Cúpula de la Mezquita de Córdoba. Ejemplo de cúpula islámica.



Fig.10: Cúpula de Santa María di Fiori. Cúpula renacentista.

FOTOGRAFÍAS COMPLEJO DE LA UNIVERSIDAD LABORAL



Fig.44 y fig.45: maqueta inicial y final del Orfelinato Minero, respectivamente.

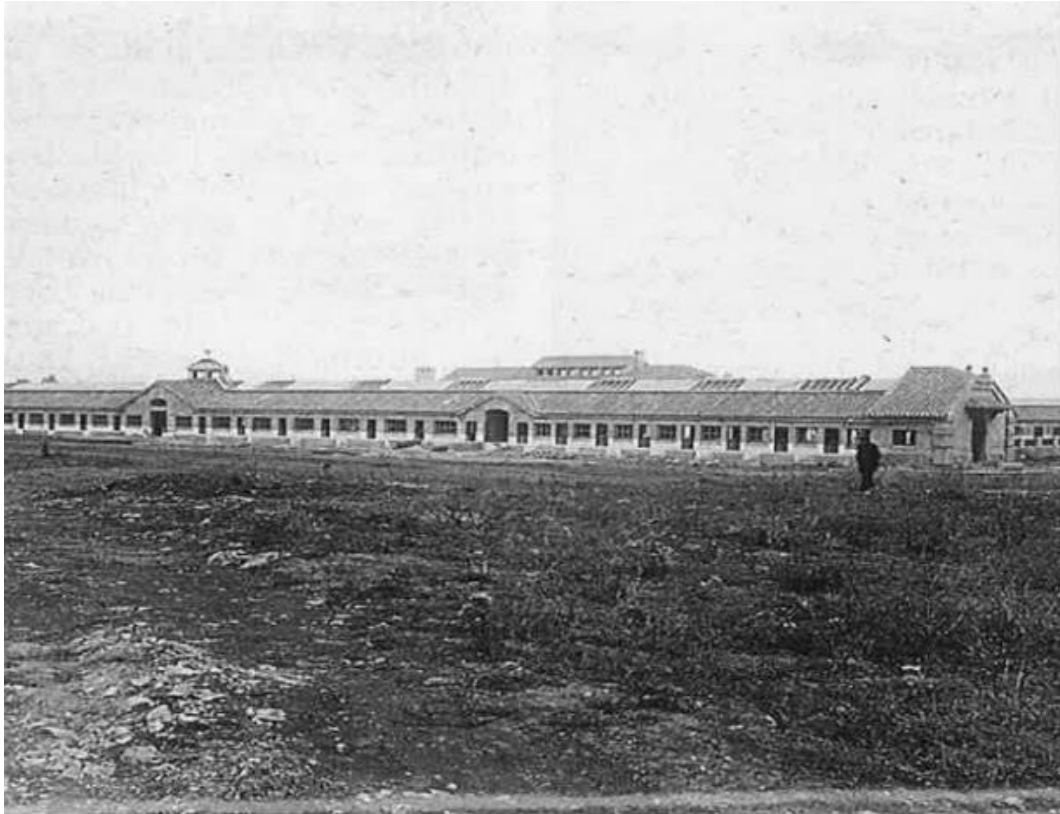


Fig.46: Fotografía de la granja agronómica, a 30 de Julio de 1951.



Fig.47: Talleres industriales originales.



Fig.48: Pabellones de residencia terminados.



Fig.49: Puerta principal en el estado actual.



Fig.50: Vista global de la fachada principal actual.



Fig.51: Atrio corintio en su estado original.

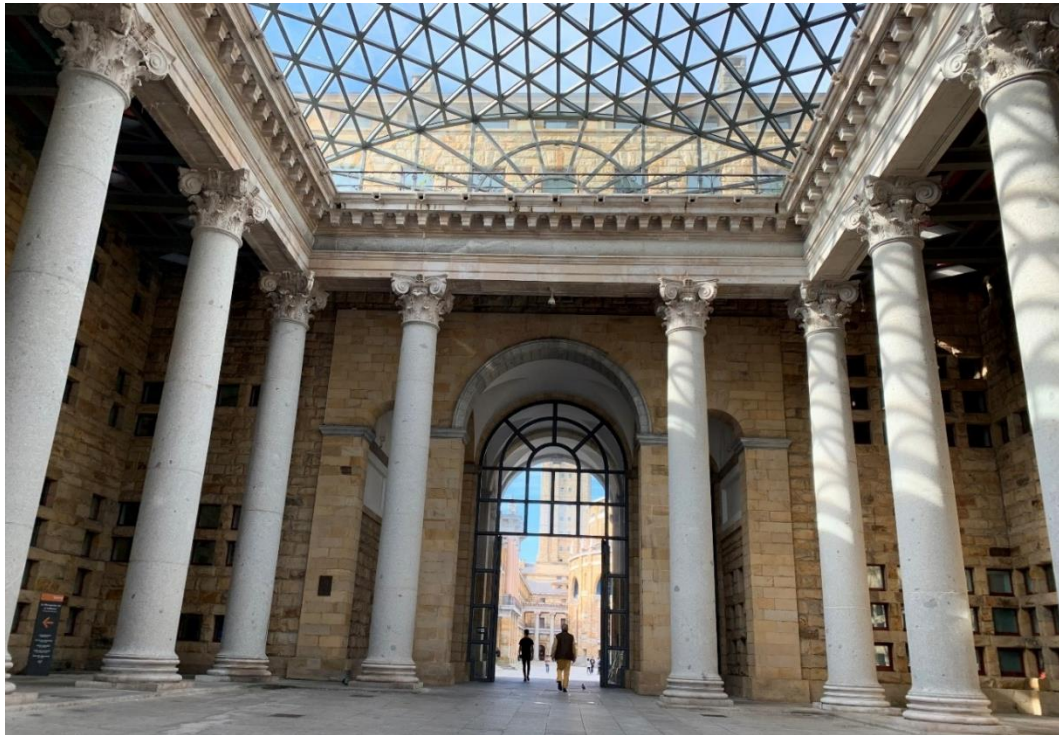


Fig. 52: Atrio corintio actualmente.



Fig. 53: Patio central de la Universidad Laboral. Esta sería la vista obtenida una vez pasado el atrio corintio



Fig. 54: Fachada principal de la Iglesia.



Fig.55: Fachada original del salón de actos, sin fecha.



Fig.56: Fachada del teatro en estado actual.

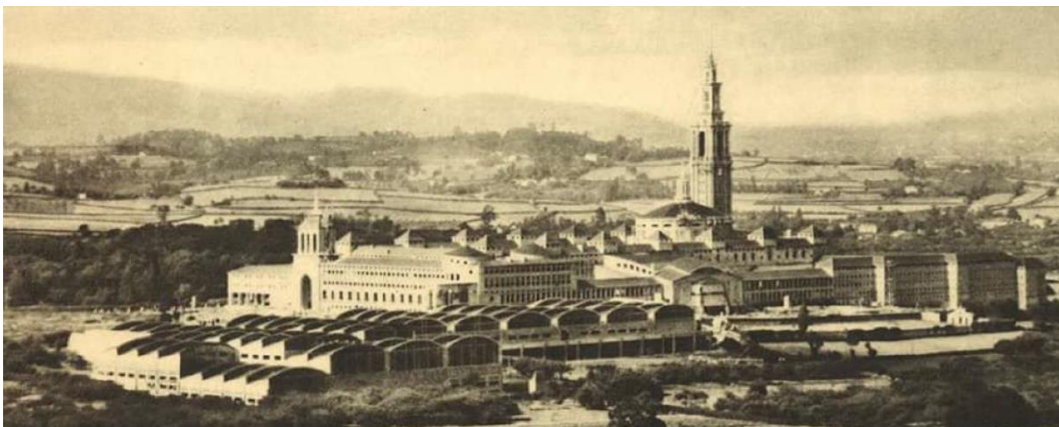


Fig.57: Fachada norte original.



Fig.58: Fachada norte actual. Se puede observar la ampliación de la caja escénica del teatro.

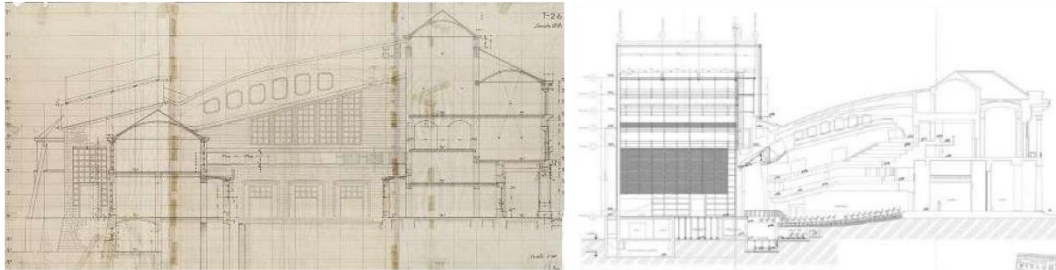


Fig.59 y 60: Comparativas de las secciones del antes y después de la reforma del teatro.



Fig.61: Fotografía de la iglesia y la torre, realizada desde la fachada del teatro, a su derecha. Se observa que ambos elementos seguían en construcción.



Fig.62 y 63: Boceto de Luis Moya de una de las propuestas para la capilla, e interior de la iglesia original. En esta última se observa en el altar como queda inacabada debido a la paralización de las obras.

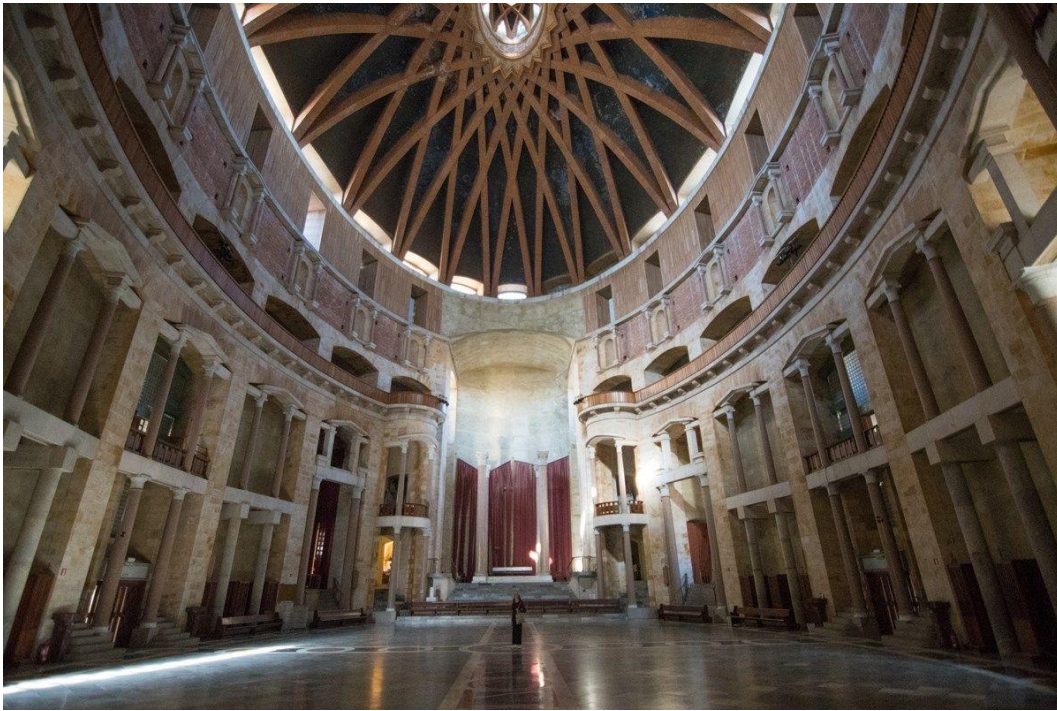
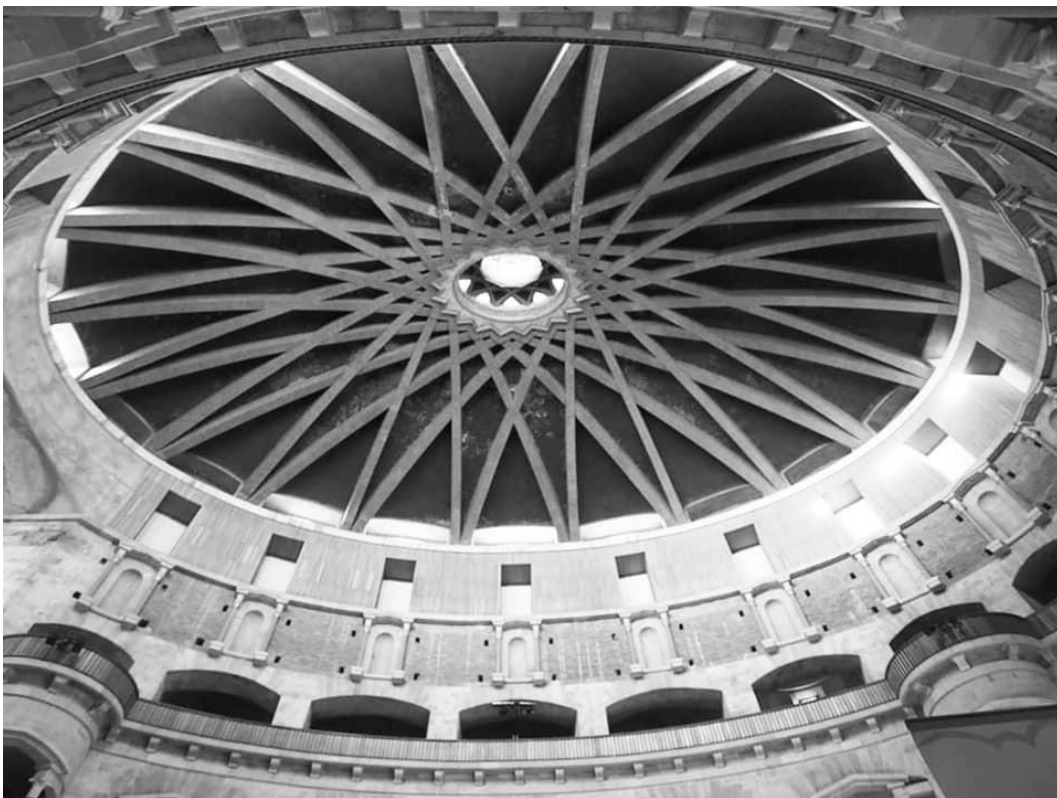


Fig.64: Interior de la Iglesia actualmente.



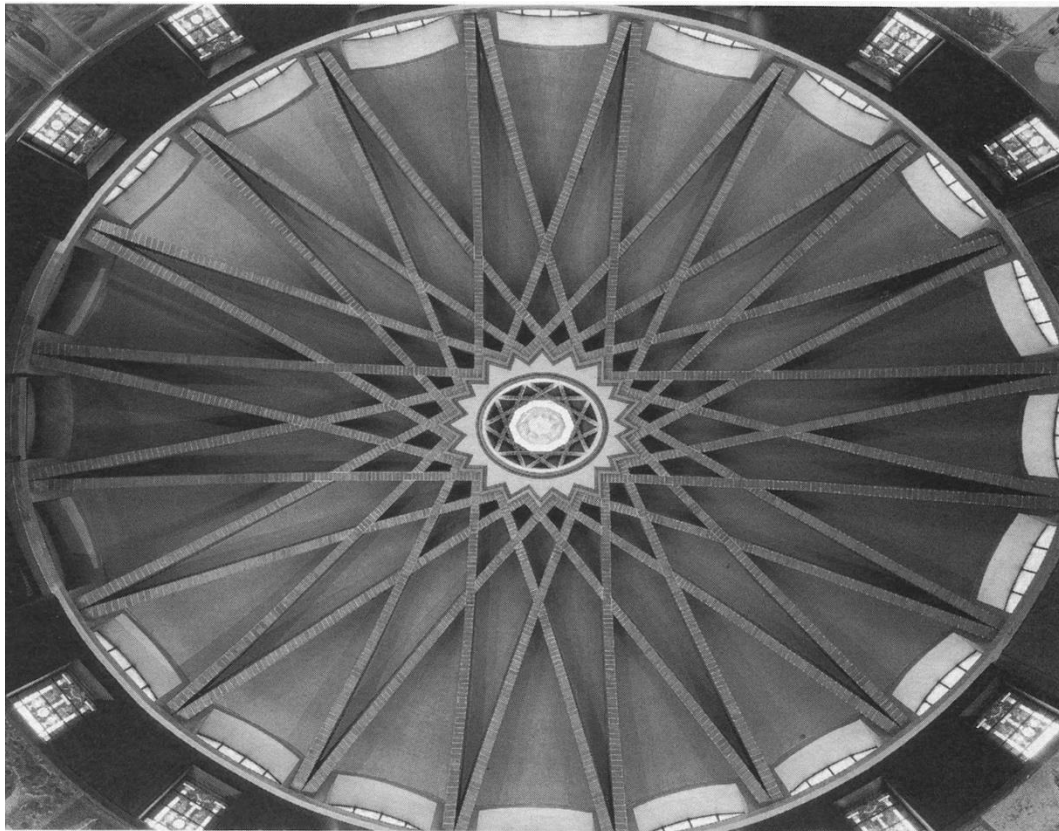
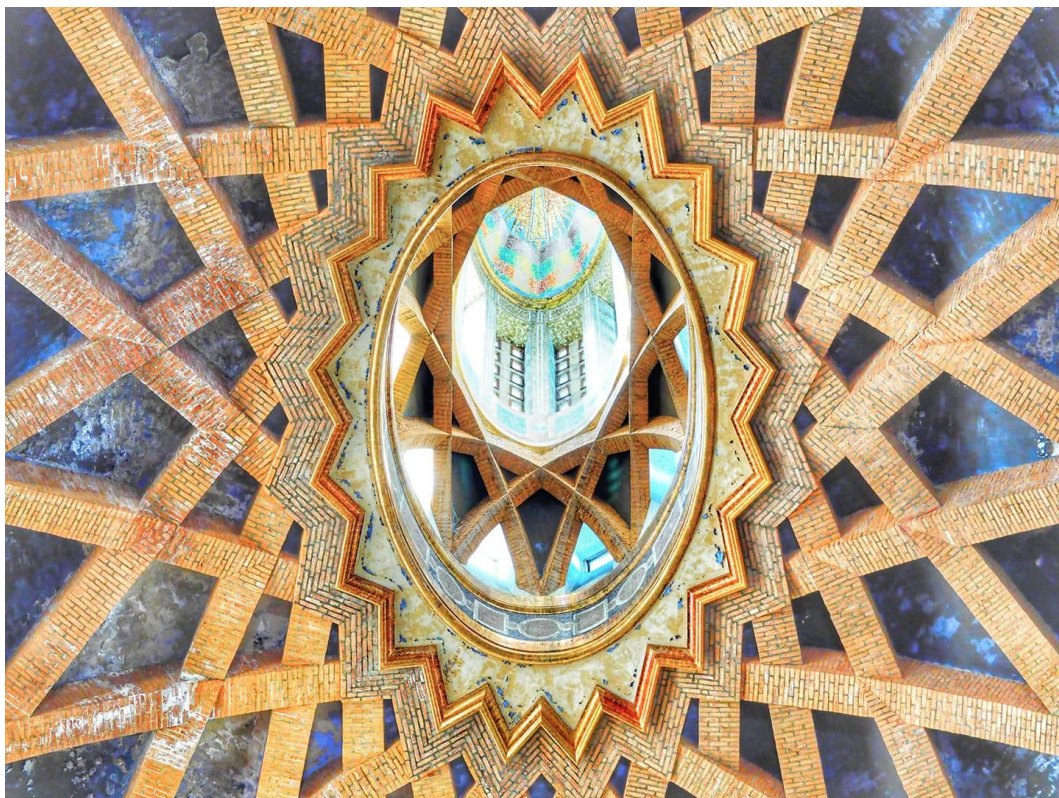


Fig.65 y 66: Vista interior de la cúpula.



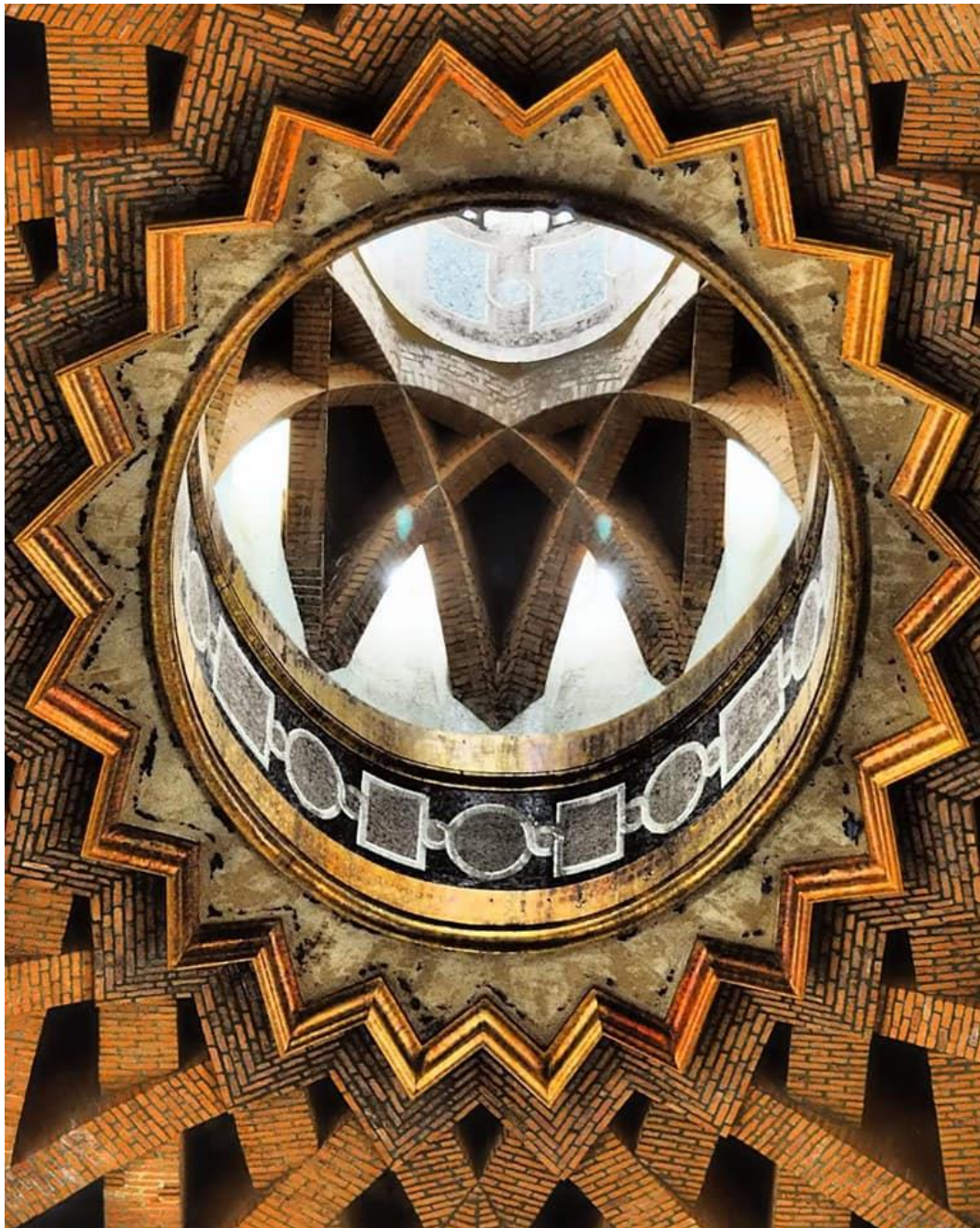




Fig.67, 68, y 69: Detalles del anillo interior y linterna.



Fig.70: Vista aérea desde la torre, donde se puede observar la linterna de la iglesia.



Fig.71: Vista Este de la iglesia donde se puede apreciar las galerías que conectan con la Escuela de Arte Dramático.



Fig.72: Detalle de las hornacinas de la fachada de la iglesia.



Fig.73: Parte de atrás de la iglesia. Enlaces superiores.



Fig.74: Fachada sur de la Universidad Laboral. Zona de Jardines.



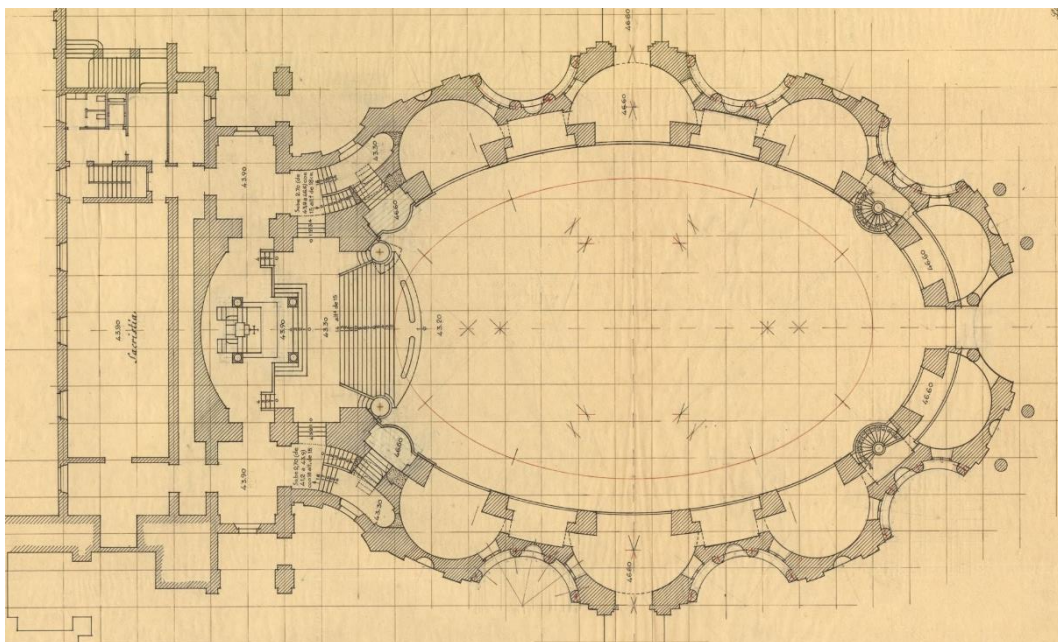
Fig.75: Fachada principal del INTRA.



Fig.76: La Universidad Laboral en época de reformas.



Fig.77: La Universidad Laboral tras las reformas.



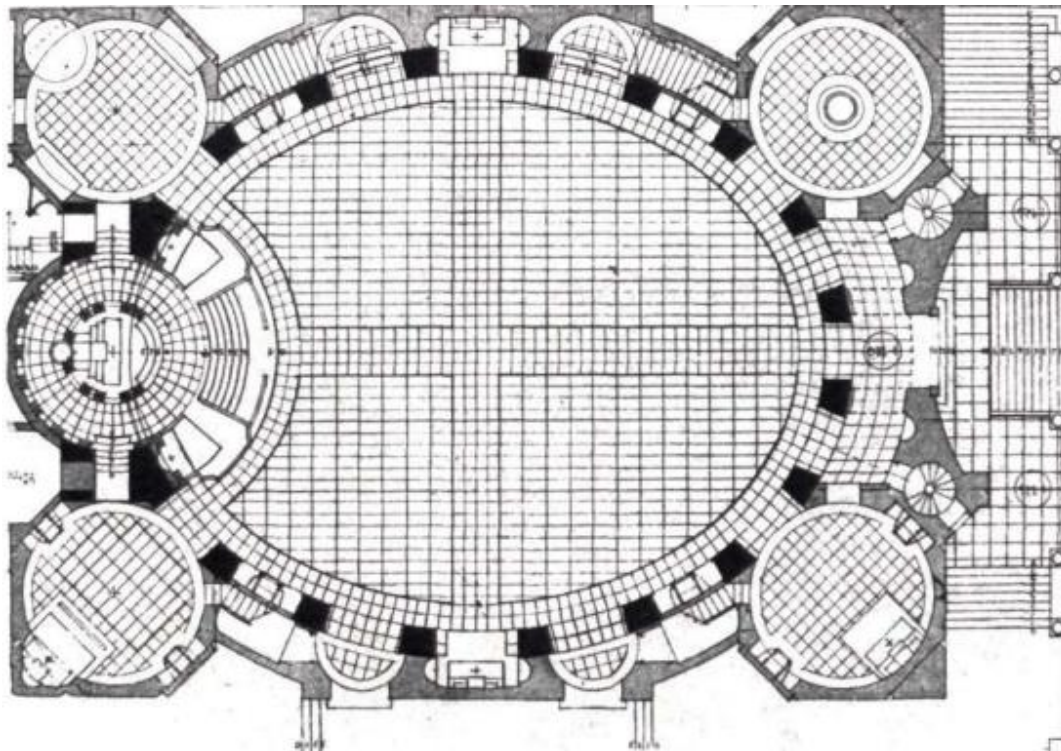


Fig.78 y 79: Planta de la iglesia de Gijón a cota de las tribunas, y planta de la Iglesia de San Agustín. Se puede observar el gran parecido de ambas.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA IGLESIA





Fig.80, 81 y 82: Primera fase de construcción. Levantamiento de pilastras.





Fig.83 y 84: construcción de los muros de la capilla.



Fig.85: Ejecución de la estructura de cubierta. Levantamiento de andamios.



Fig.86: Construcción de los encofrados de madera para ejecutar los arcos.



Fig.87: Detalle de los encofrados. Luis Moya supervisando la construcción.



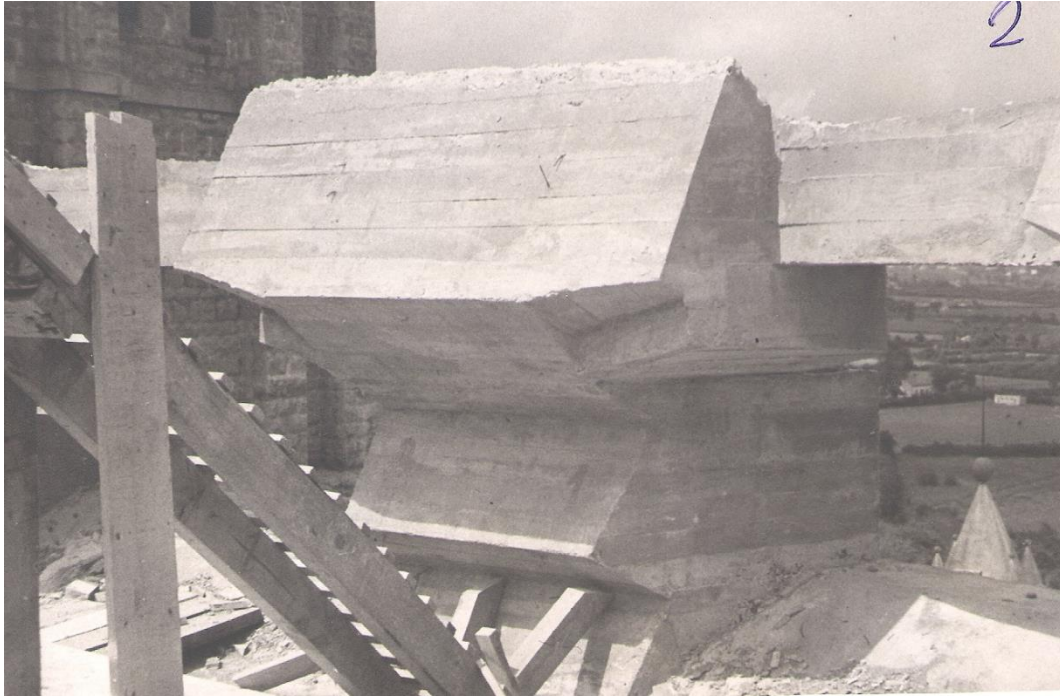


Fig.88 y 89: Detalle de ejecución del anillo exterior, y arranque de los arcos.

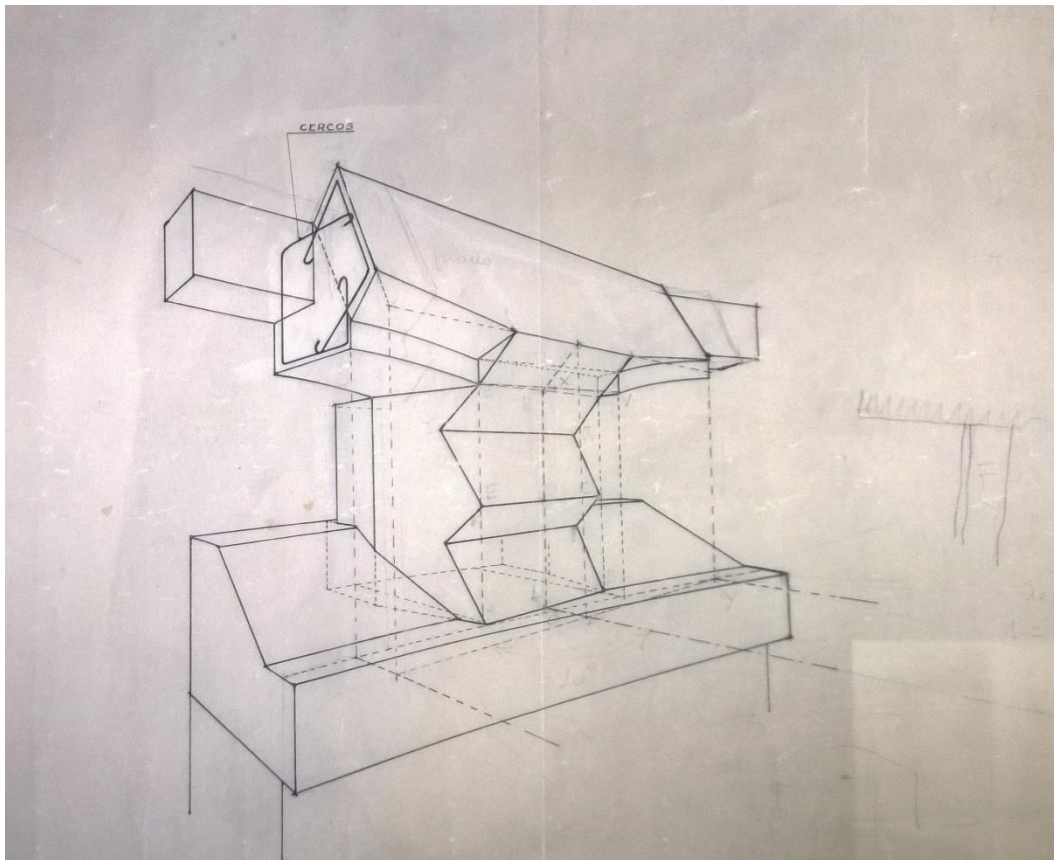


Fig.90: Plano detalle del anillo exterior de hormigón armado. Diseño de Luis Moya.

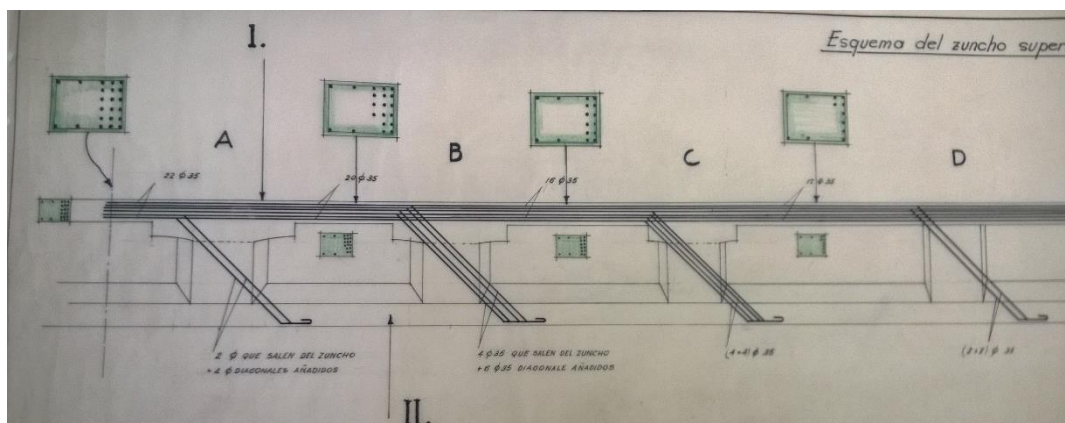
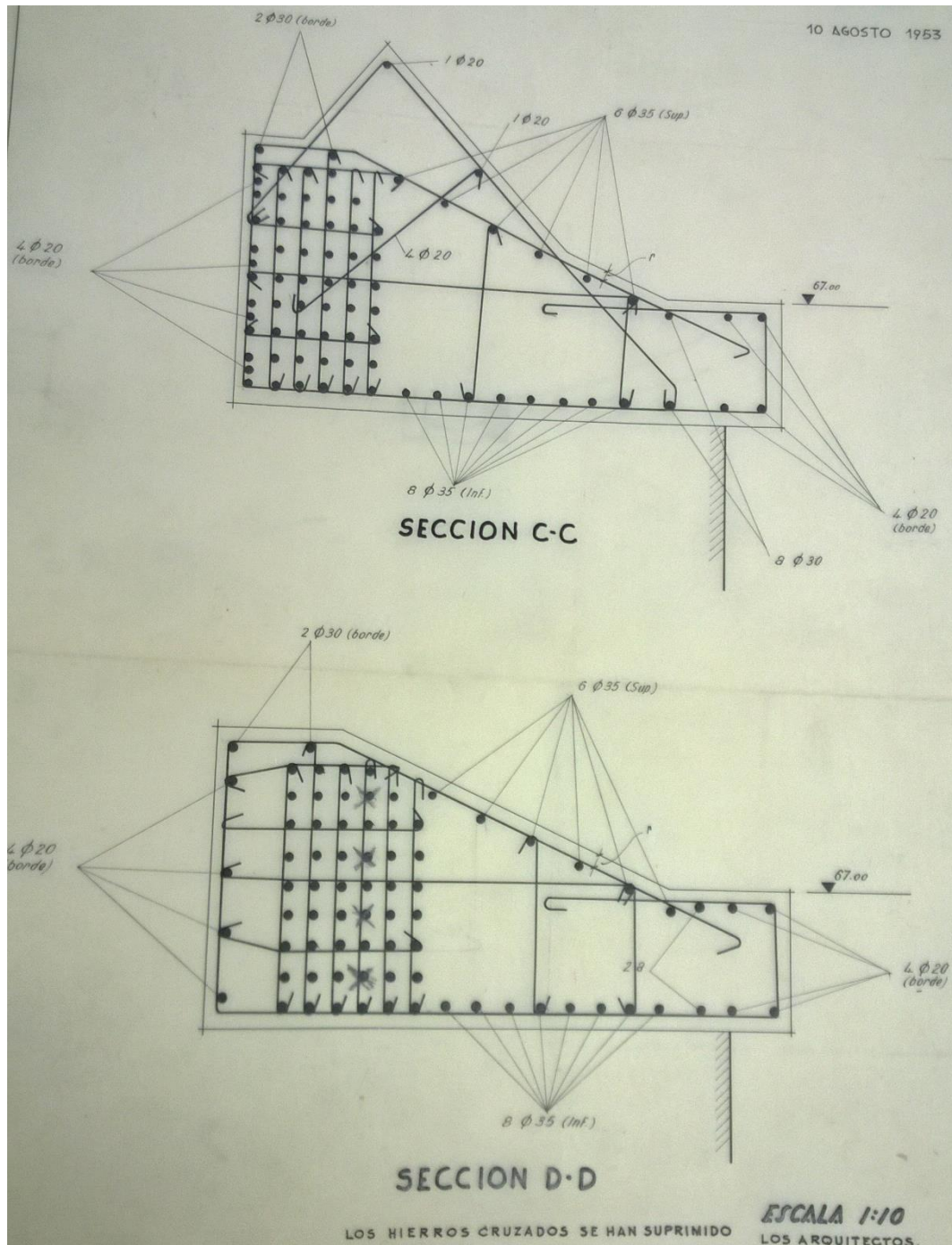


Fig.91 y 92: Planos detalle de armado del zuncho superior. Dibujo de Luis Moya y García Amorena

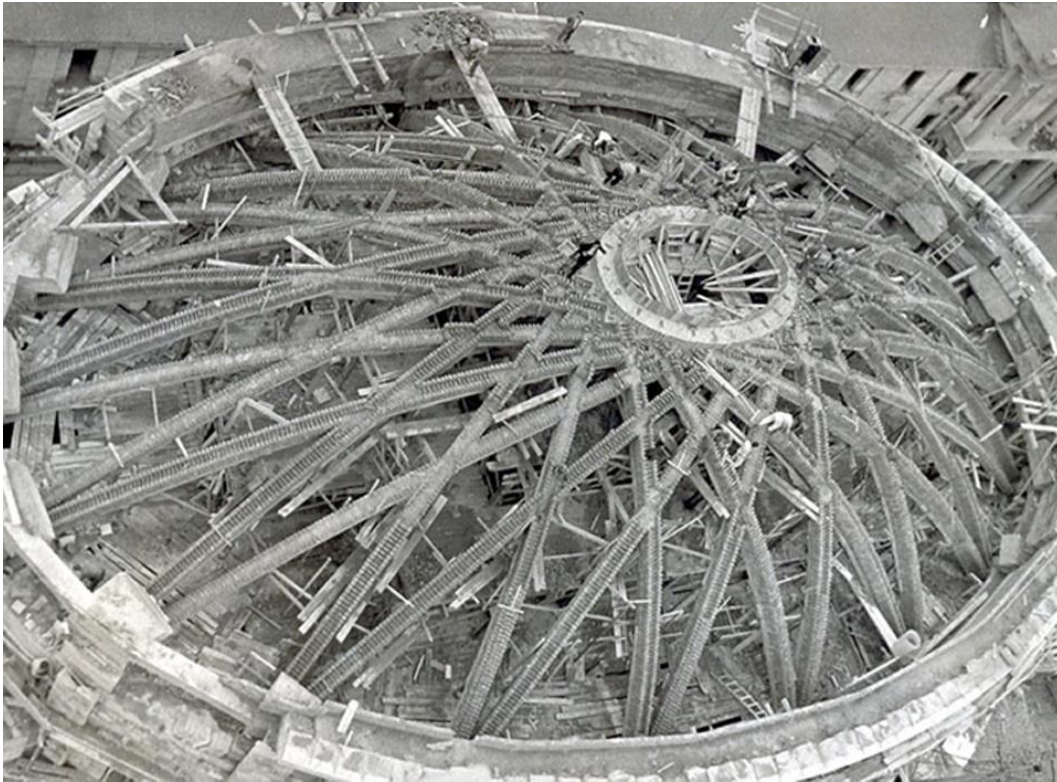
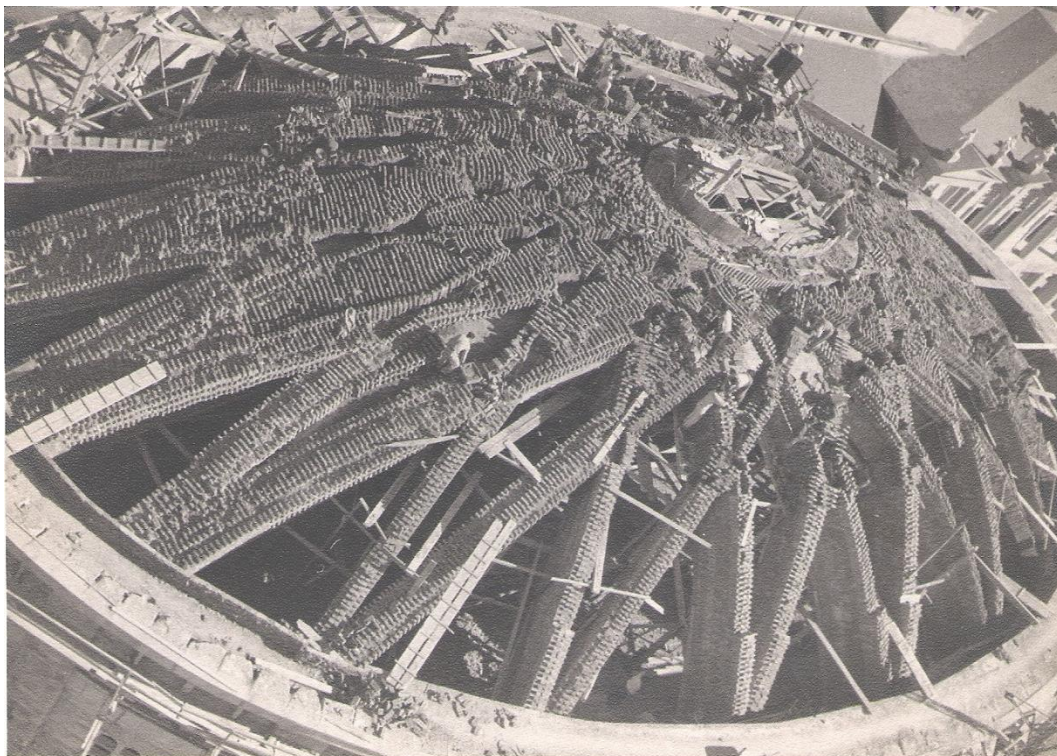


Fig.93: Ejecución del anillo exterior.



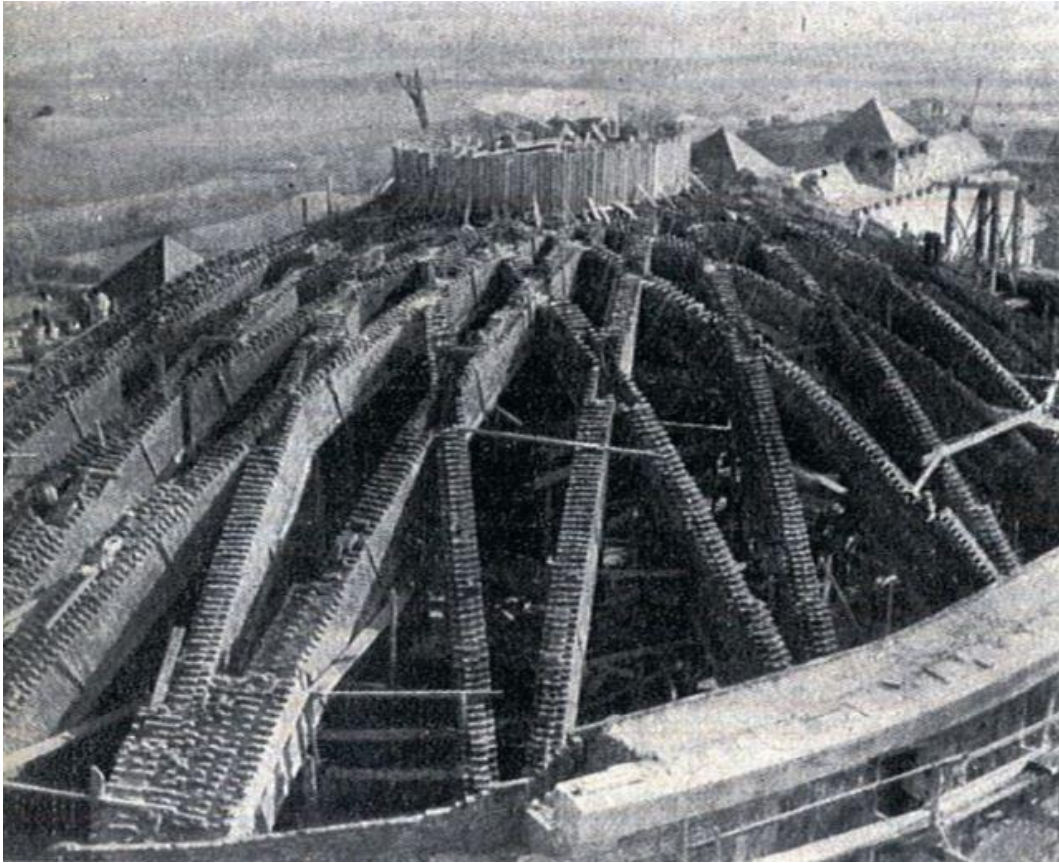


Fig.94 y 95: Ejecución de la estructura de fábrica tabicada.



Fig.96: Ejecución de superficie entre arcos, también con ladrillo.



Fig.97: Ejecución del resto de cubierta, y comienzo de construcción de linterna.

PLANOS ORIGINALES DE LA IGLESIA

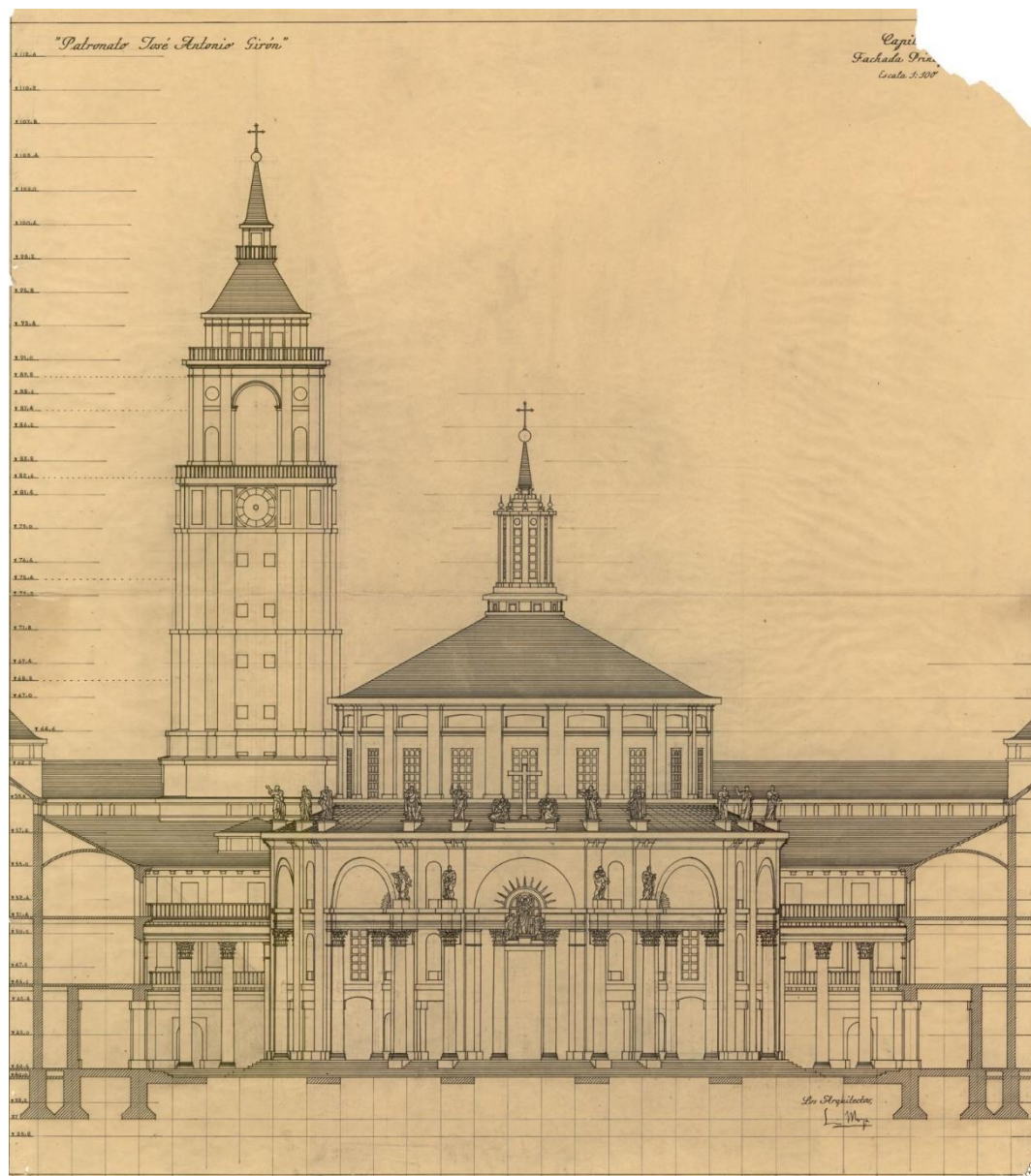


Fig.97: Alzado fachada principal de la Iglesia y la Torre. Dibujo de Luis Moya.

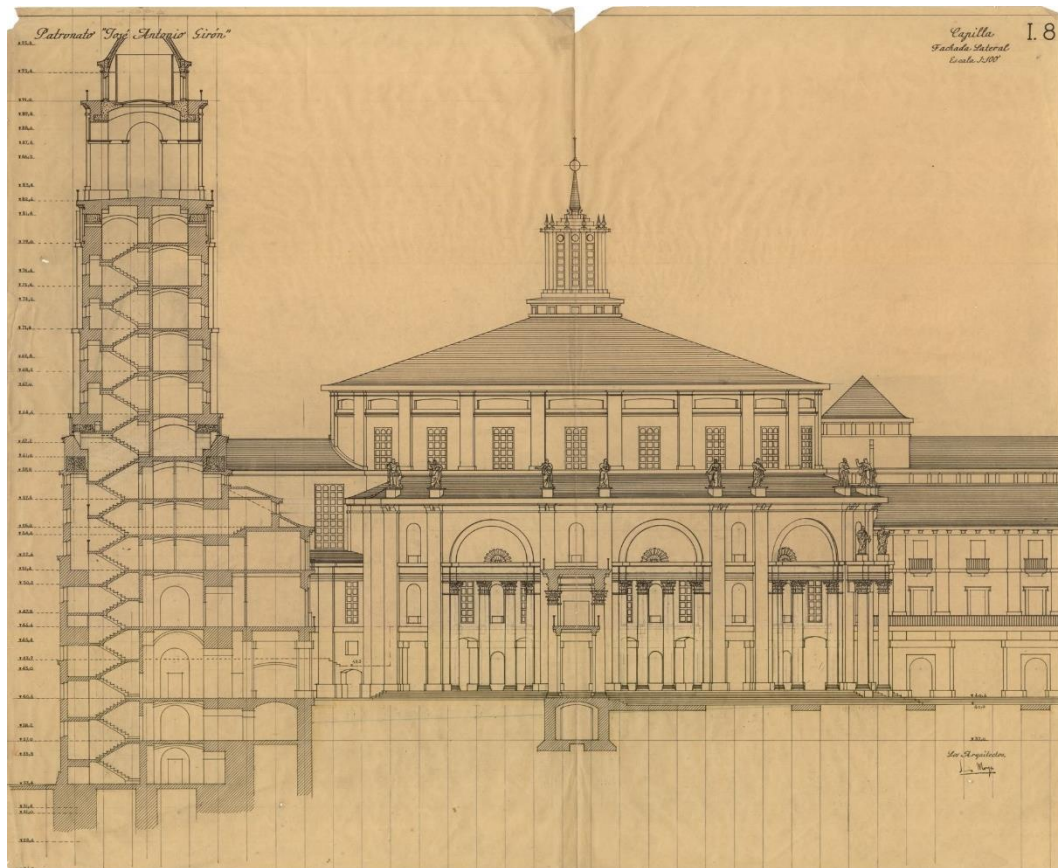


Fig.98: Alzado lateral de la Iglesia y sección de la Torre. Dibujo de Luis Moya.

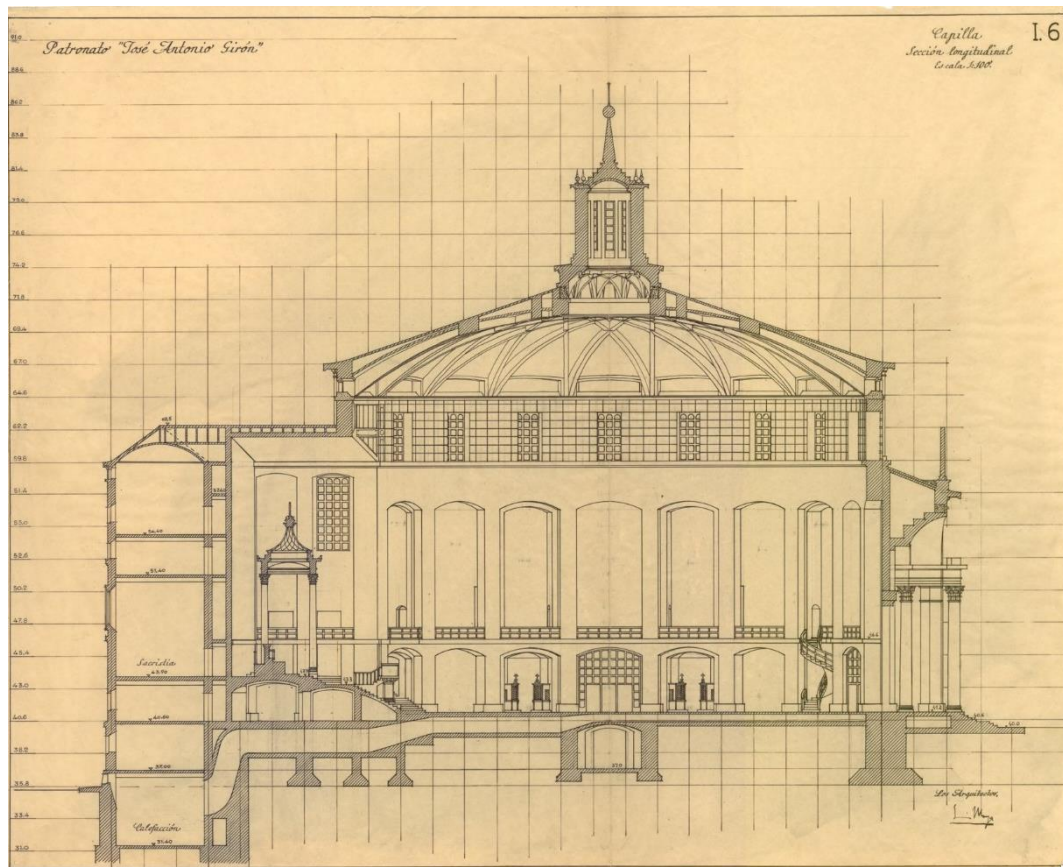


Fig.99: Sección longitudinal de la Iglesia. Dibujo de Luis Moya.

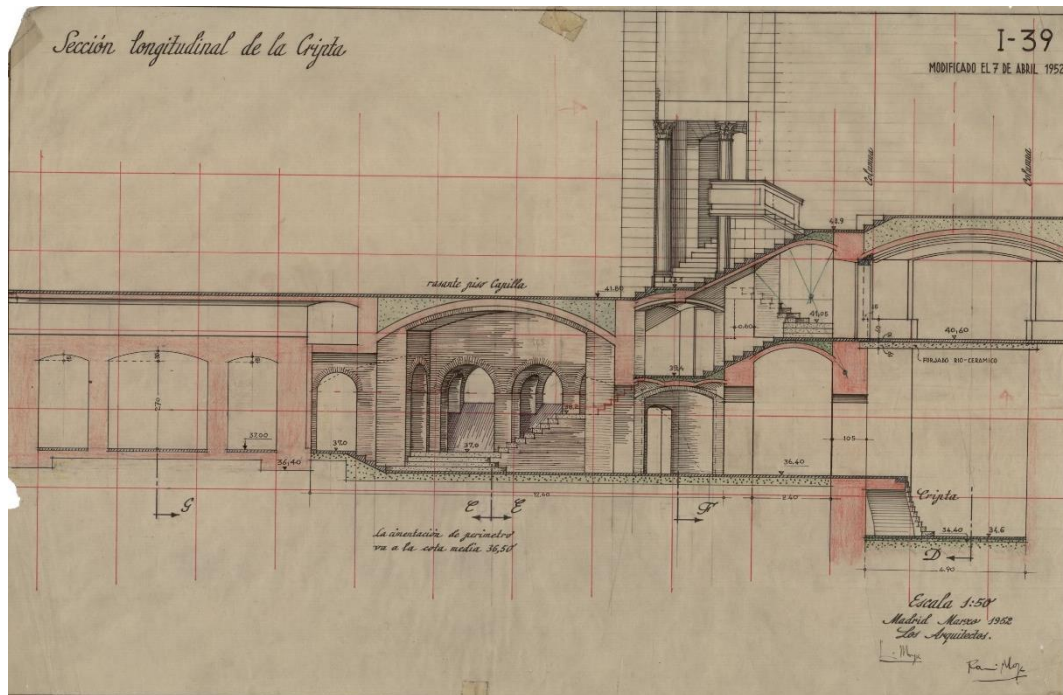


Fig.100: Sección longitudinal de la Cripta de la Iglesia. Dibujo de Luis Moya y Ramiro Moya.

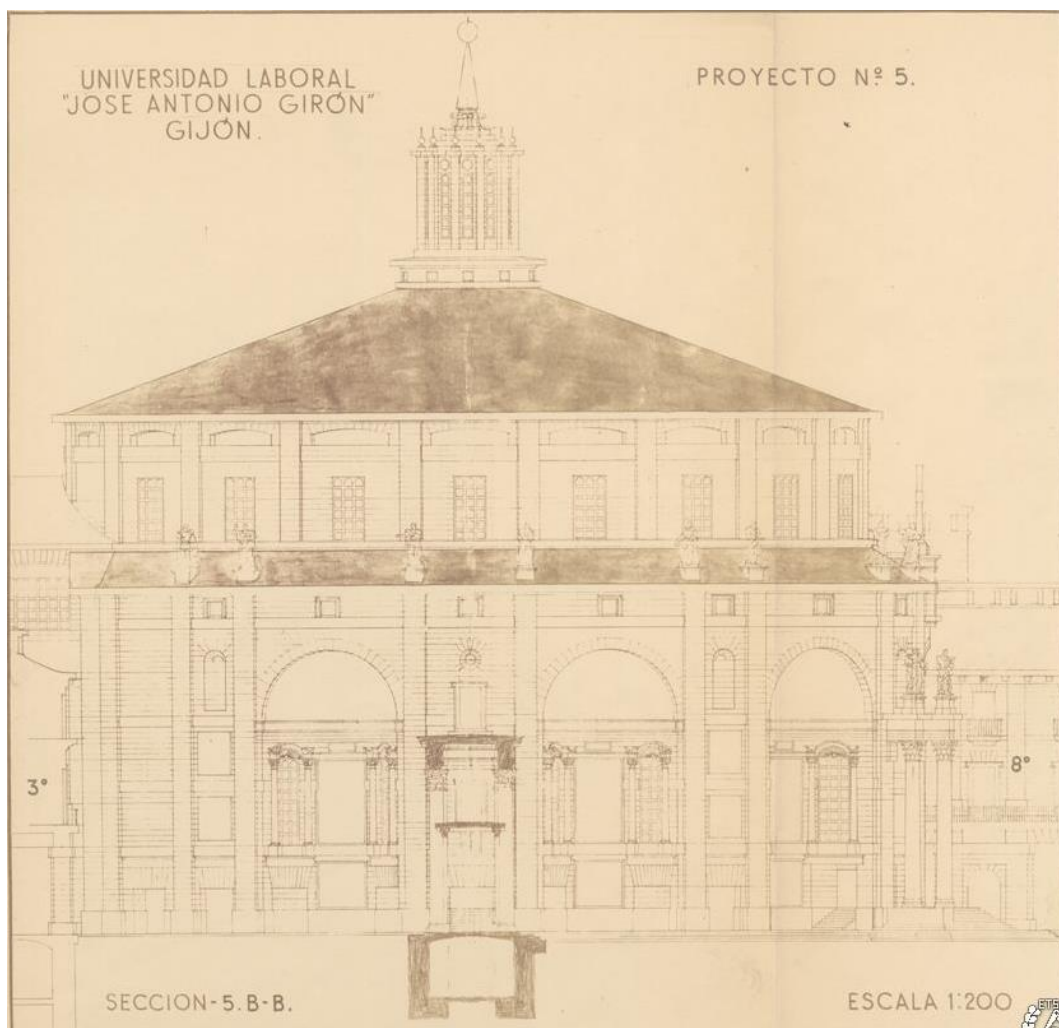


Fig.101: Sección transversal por fachada principal. Dibujo de Luis Moya.

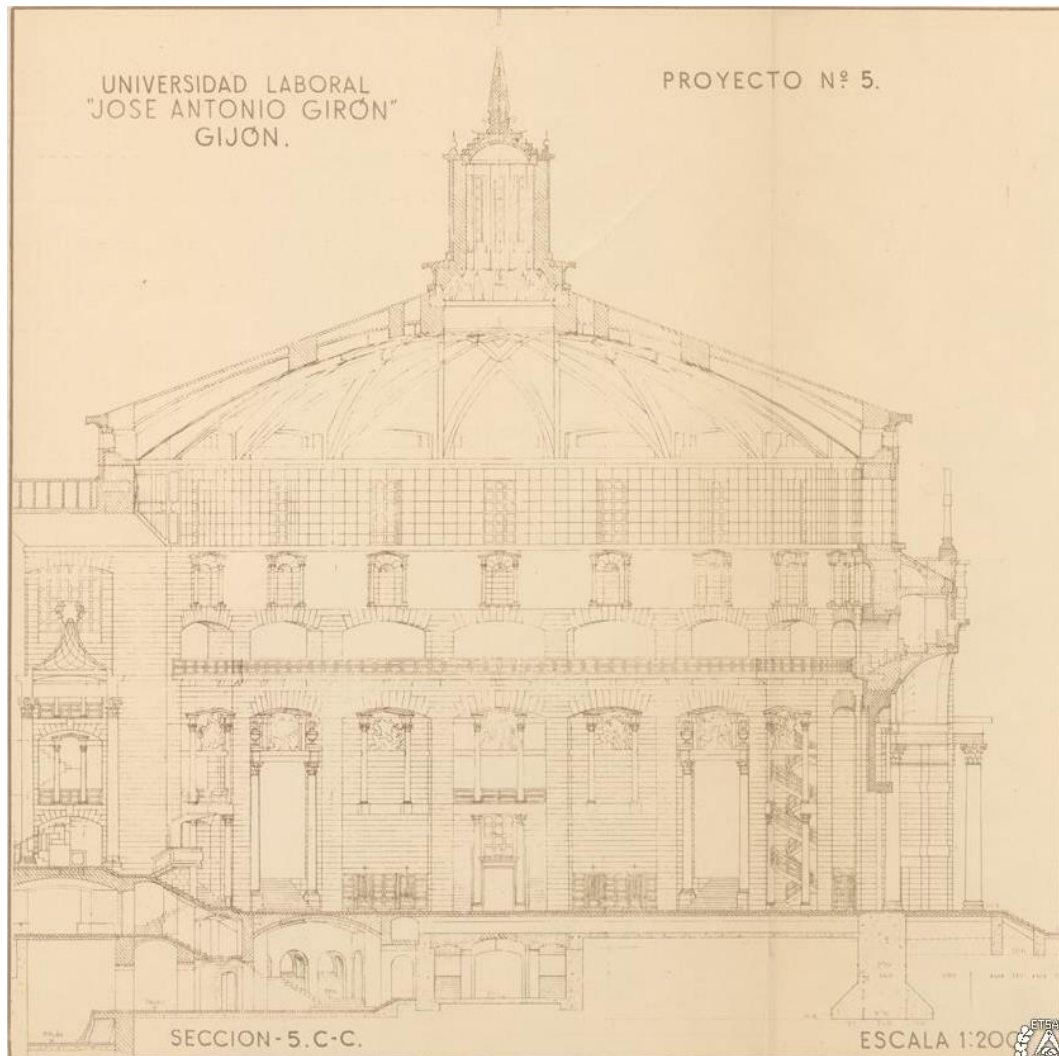


Fig.102: Sección longitudinal fachada sur. Dibujo de Luis Moya.

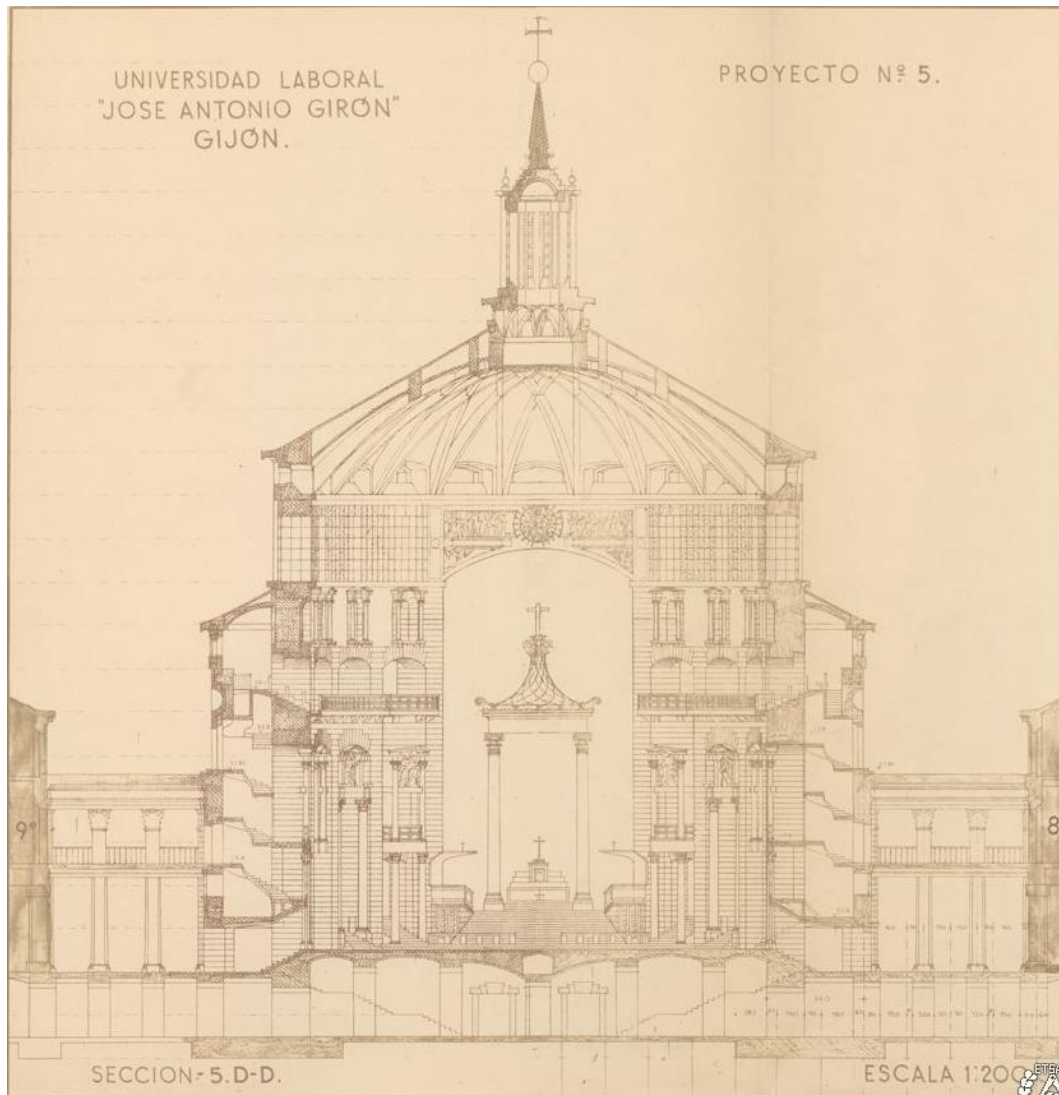


Fig.103: Sección transversal por galerías. Dibujo de Luis Moya.

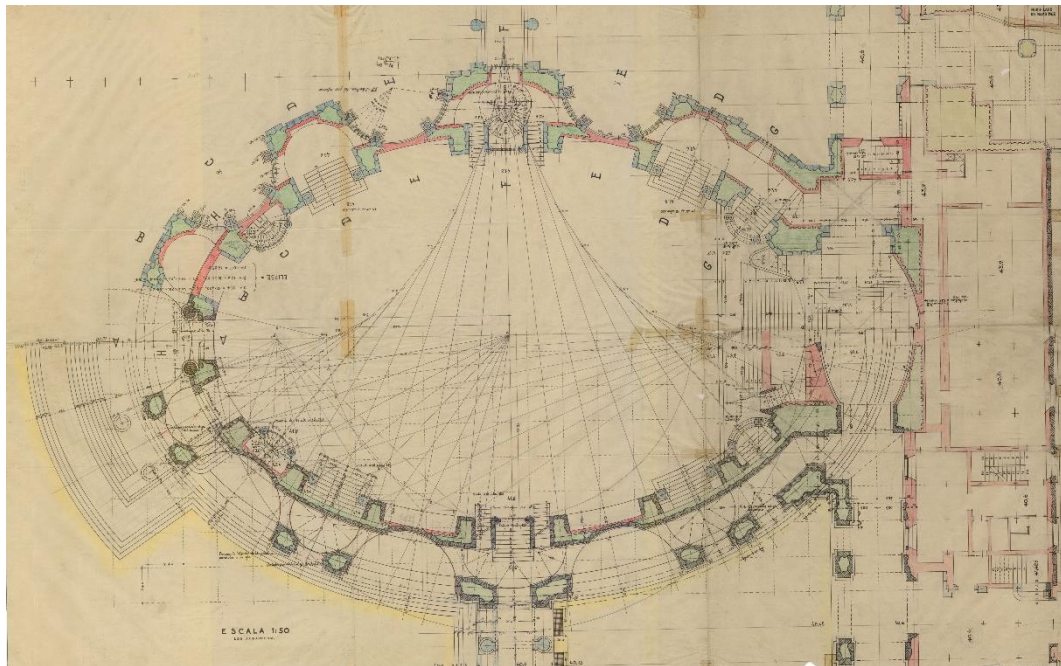


Fig.104: Planta baja. Dibujo de Luis Moya.

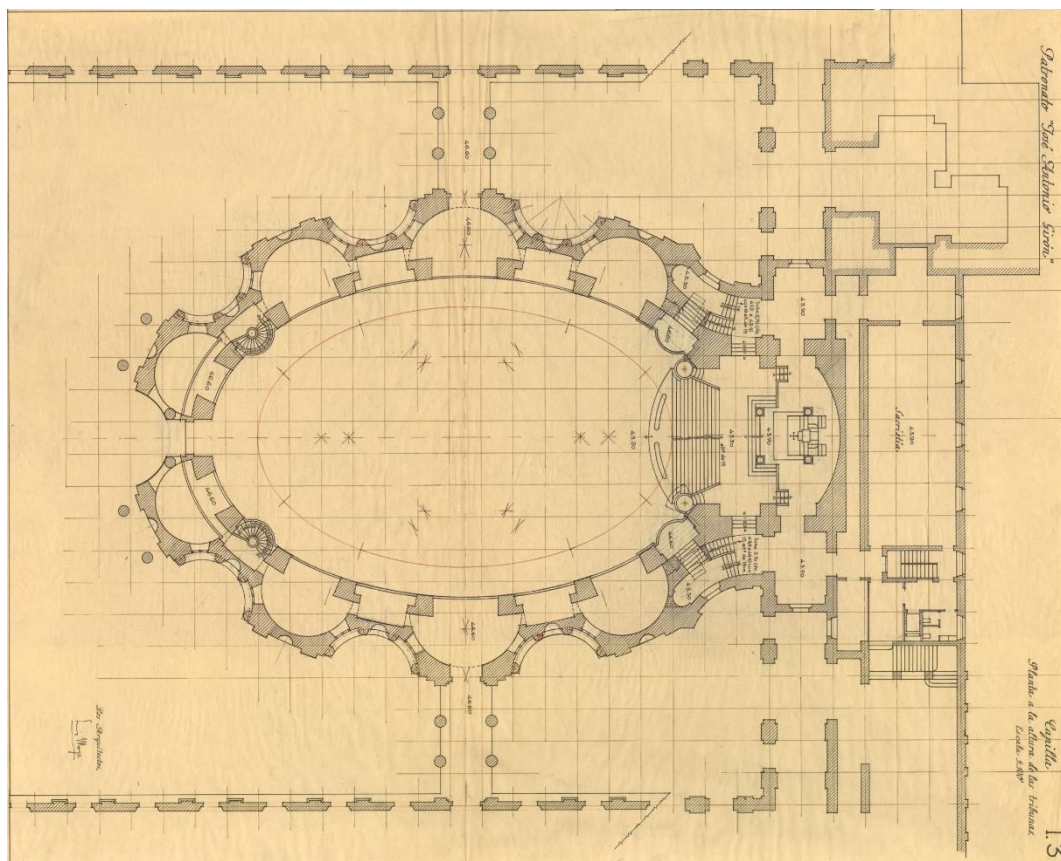


Fig.105: Planta a la altura de tribunas. Dibujo de Luis Moya.



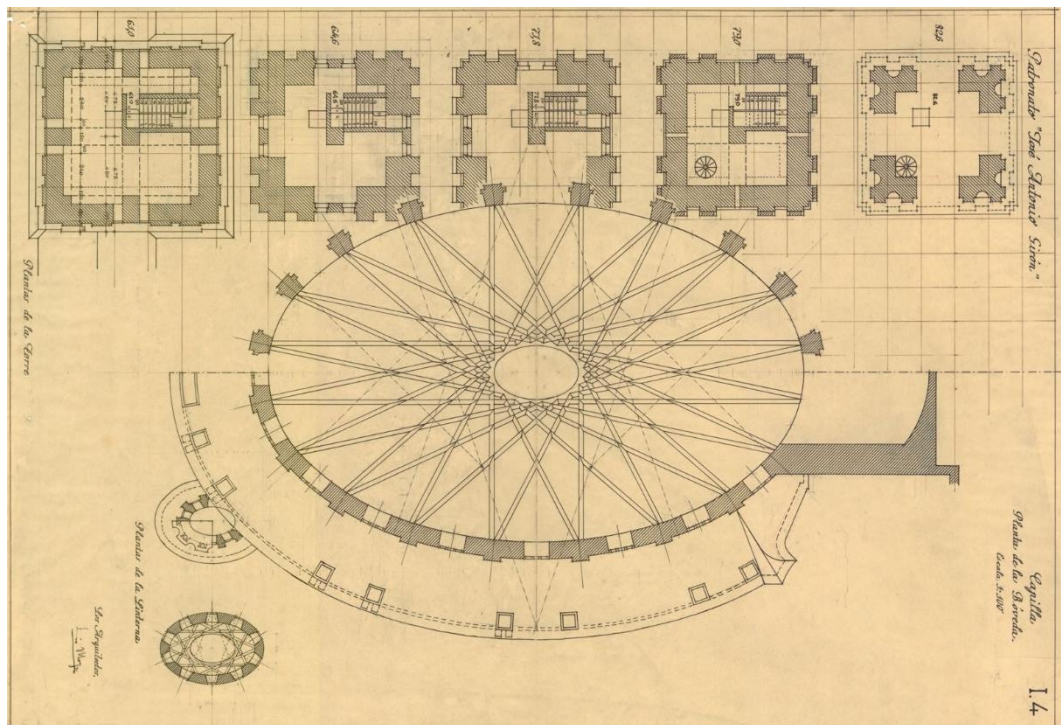


Fig.107: Planta de la cúpula, plantas de la torre y plantas de la linterna. Dibujos de Luis Moya.

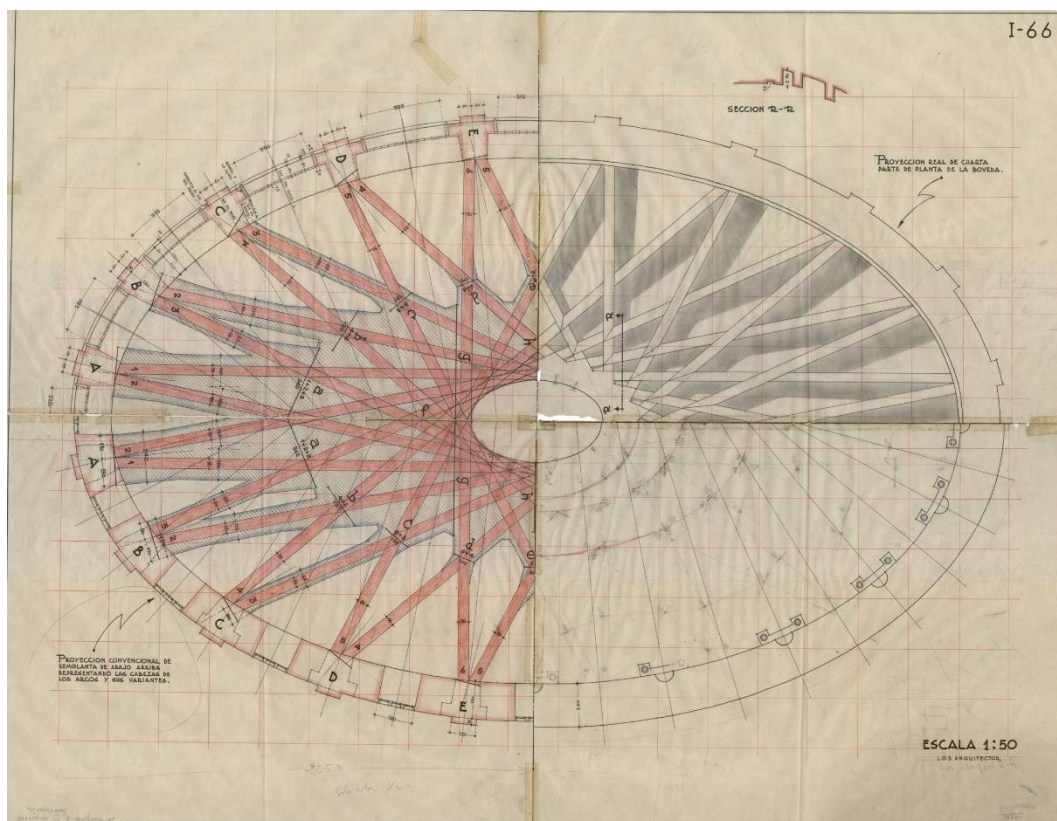


Fig.108: planta de proyección de la cúpula. Dibujo de Luis Moya.

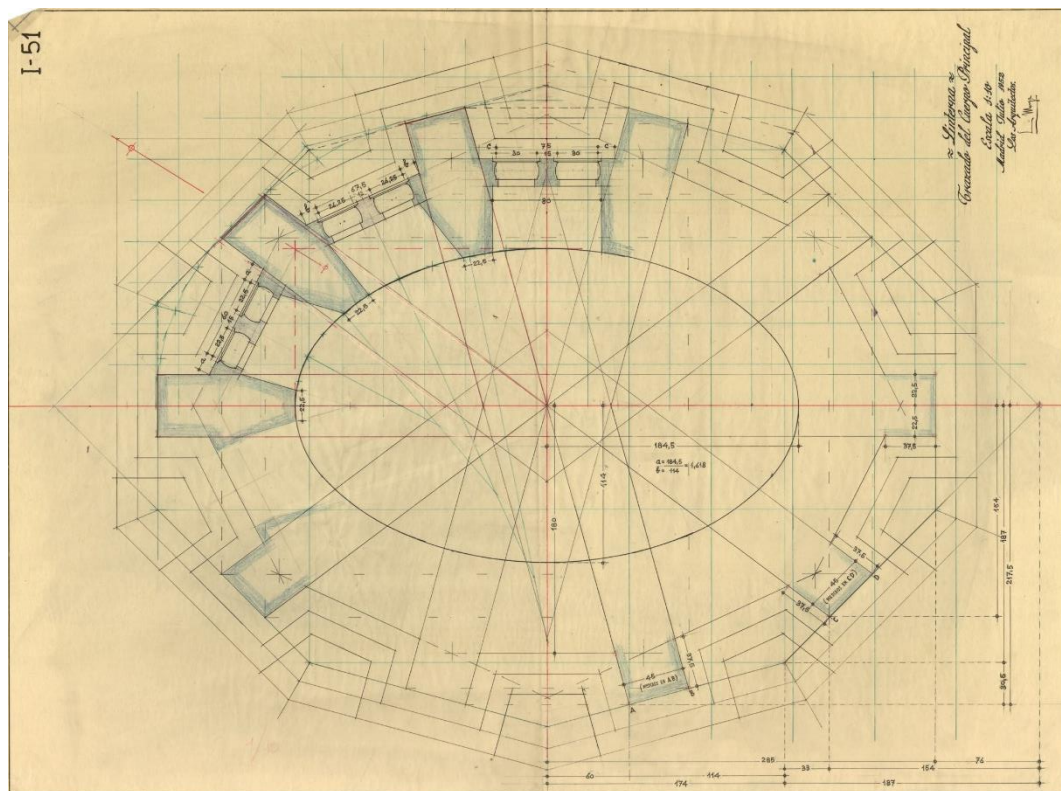


Fig.109: Trazado del cuerpo principal de la linterna. Dibujo de Luis Moya.

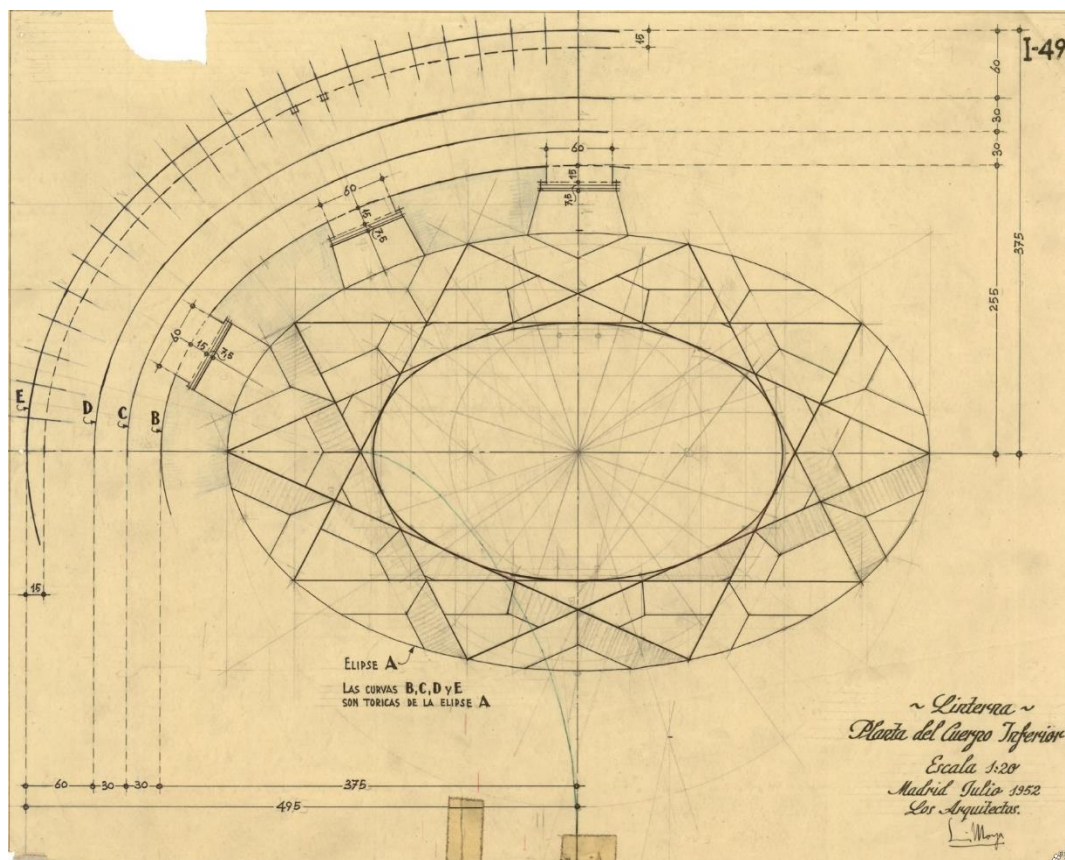


Fig.110: Trazado del cuerpo inferior de la linterna. Dibujo de Luis Moya.

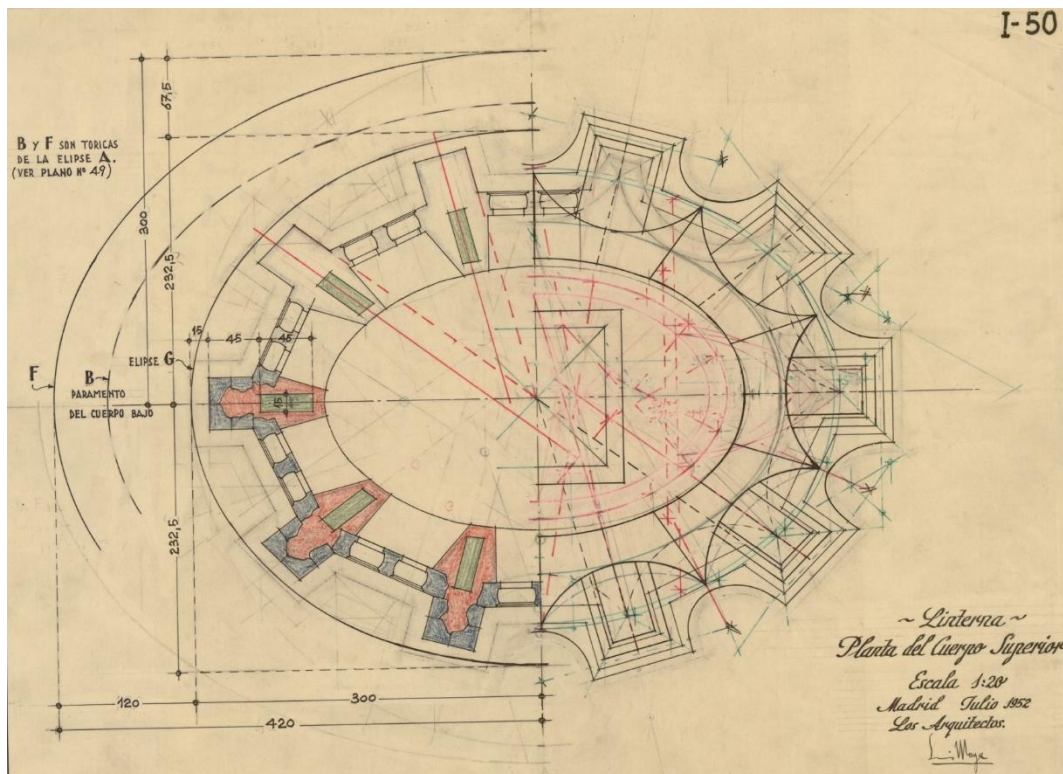


Fig.111: Trazado del cuerpo superior de la linterna. Dibujo de Luis Moya.

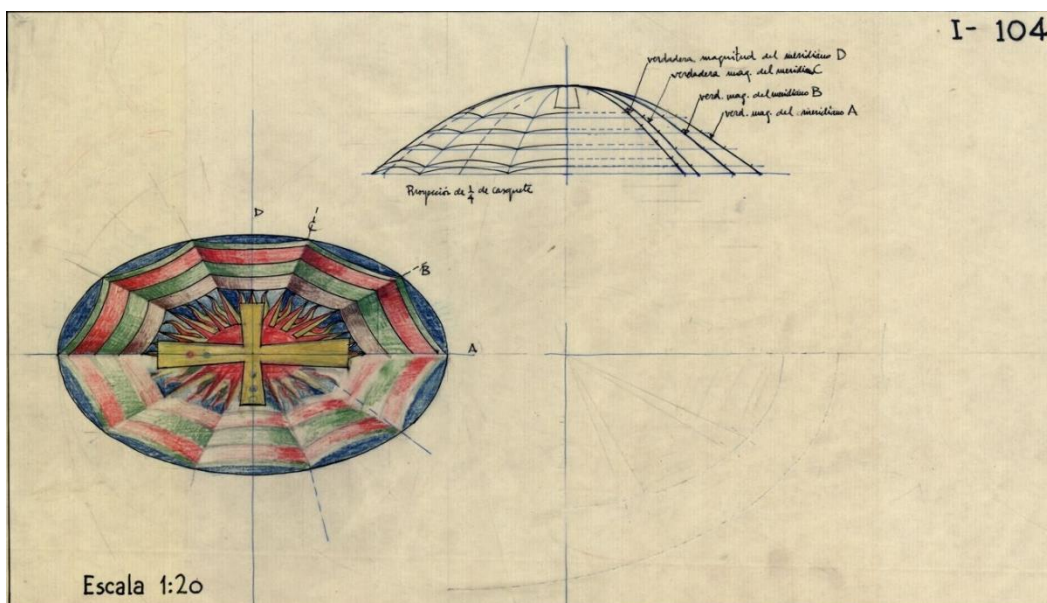


Fig.112: Decoración de cúpula y linterna. Dibujo de Luis Moya.

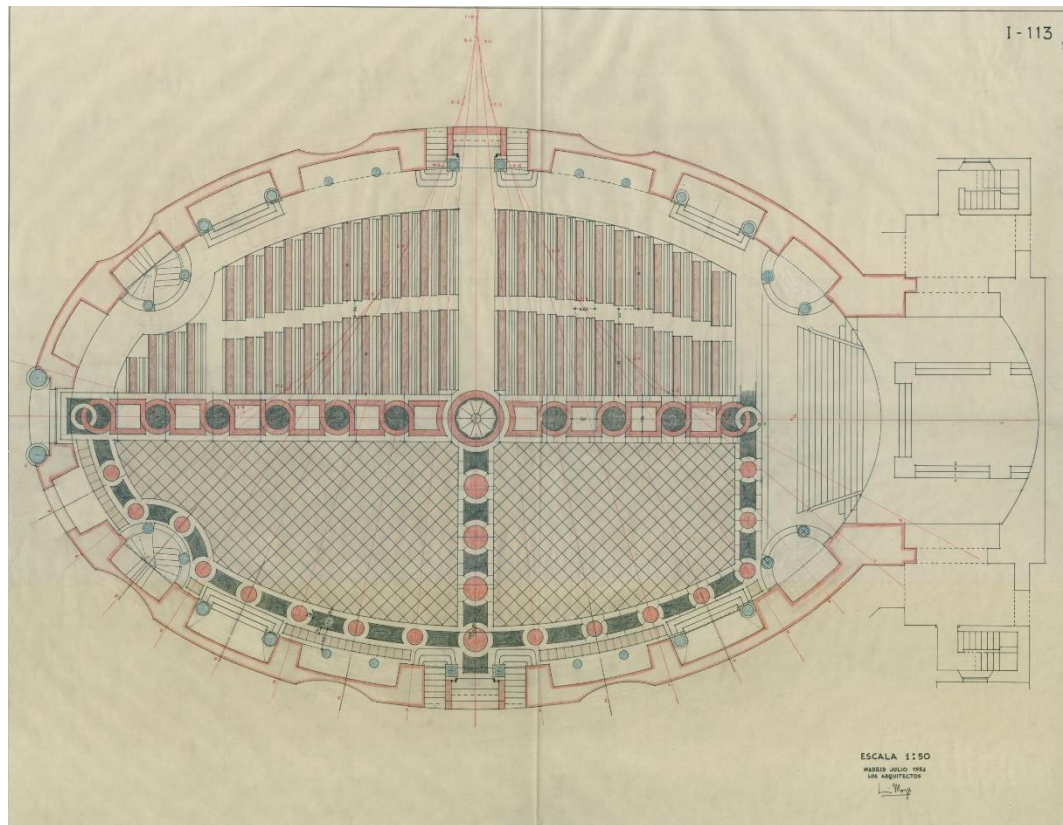
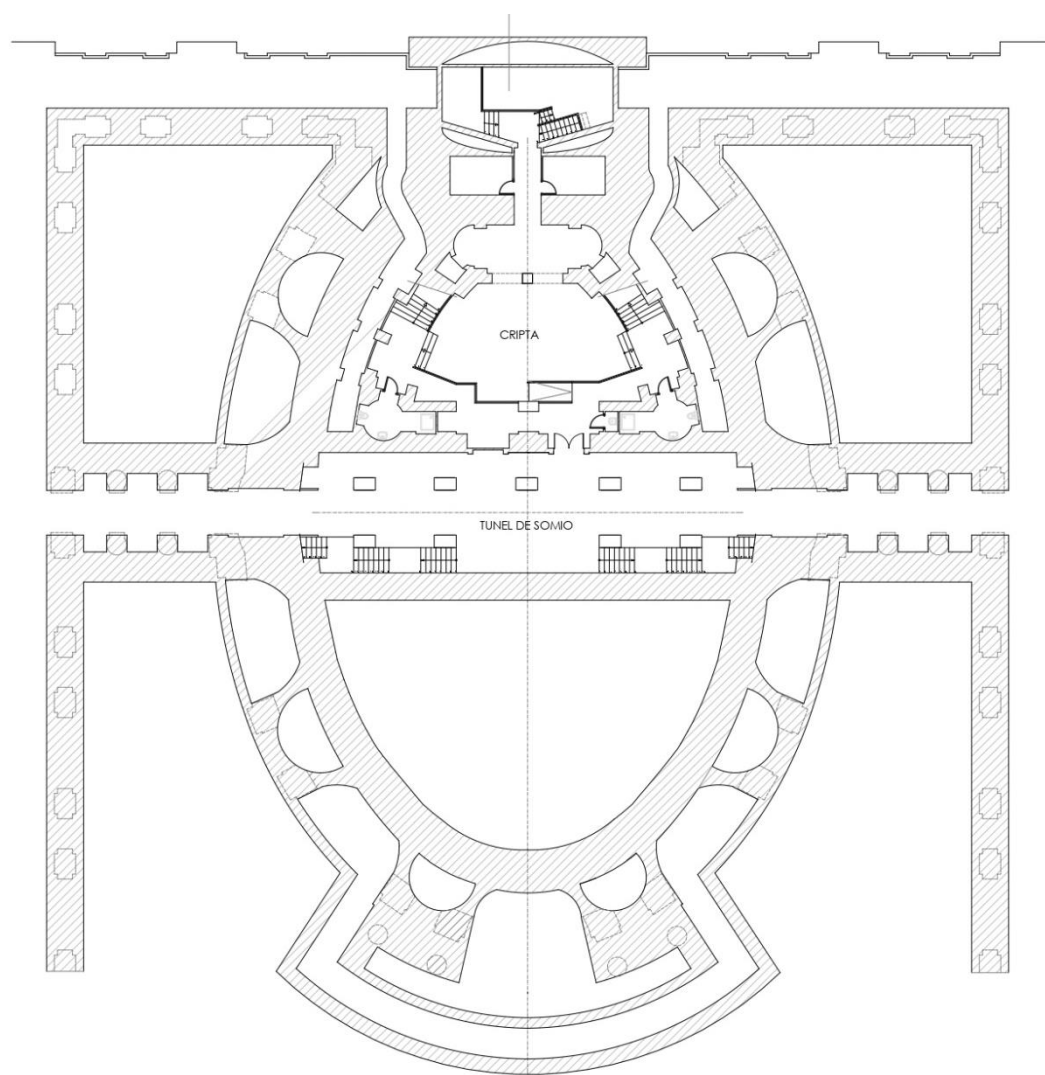


Fig.113: Plano detalle de pavimento y ordenación de mobiliario. Dibujo de Luis Moya.

PLANOS ACTUALES DE LA IGLESIA



PLANTA BAJA: Patio principal
NIVEL: Altar
E: 1/300

Fig.114: Planta baja, patio principal a nivel de altar.

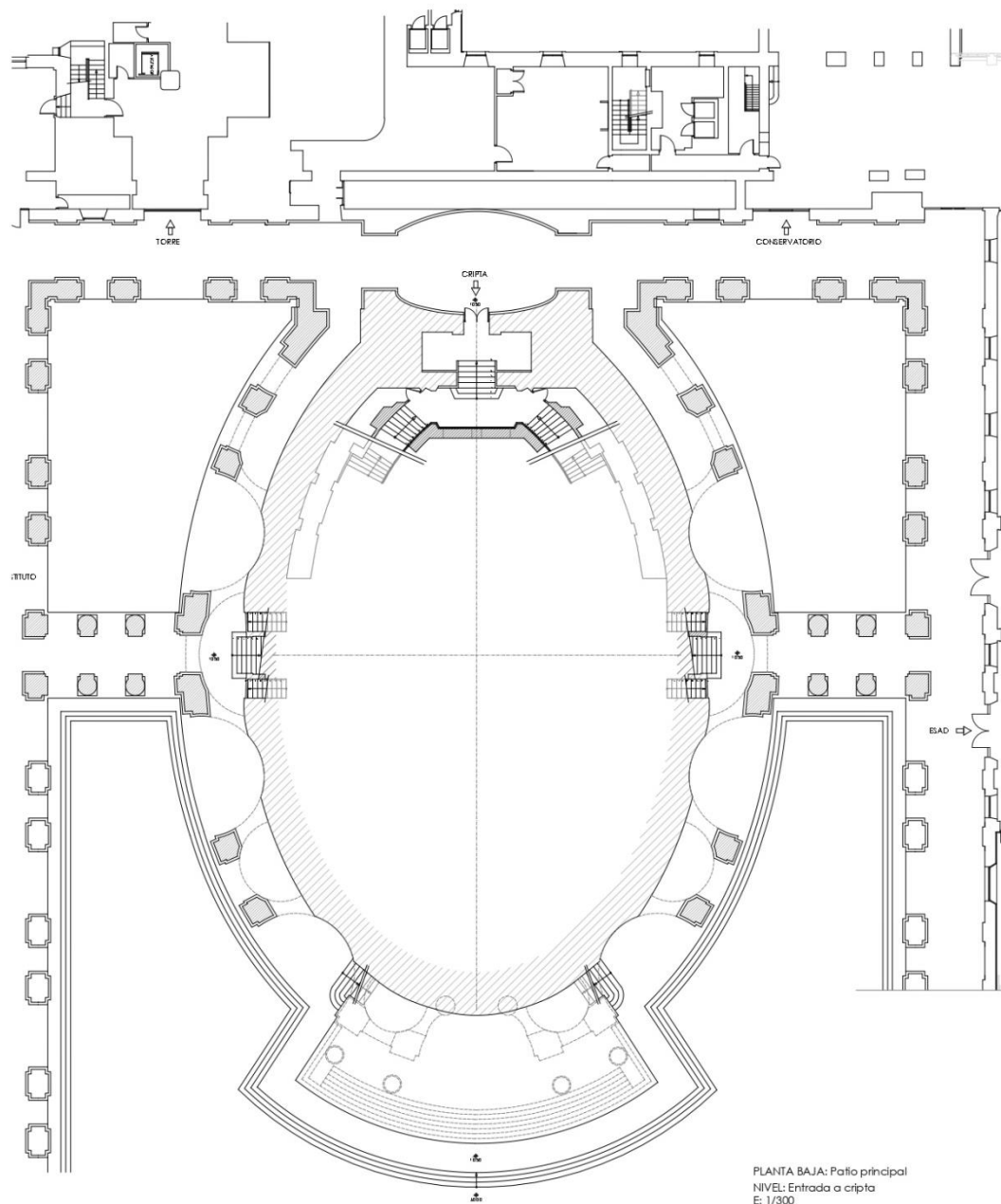


Fig.115: Planta baja, patio principal, nivel de entrada a la cripta.

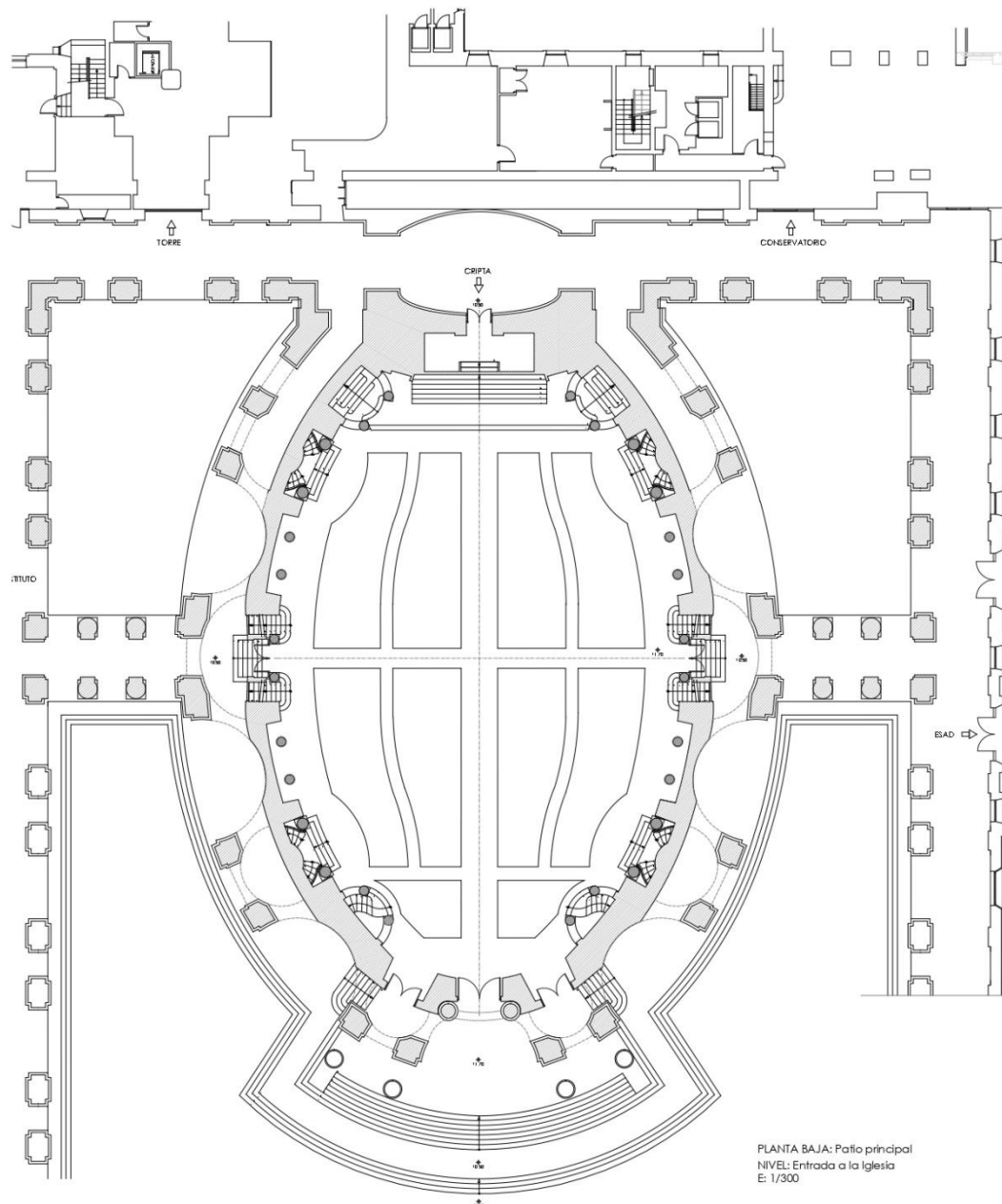


Fig.116: Planta baja, patio principal, nivel de entrada a la iglesia.

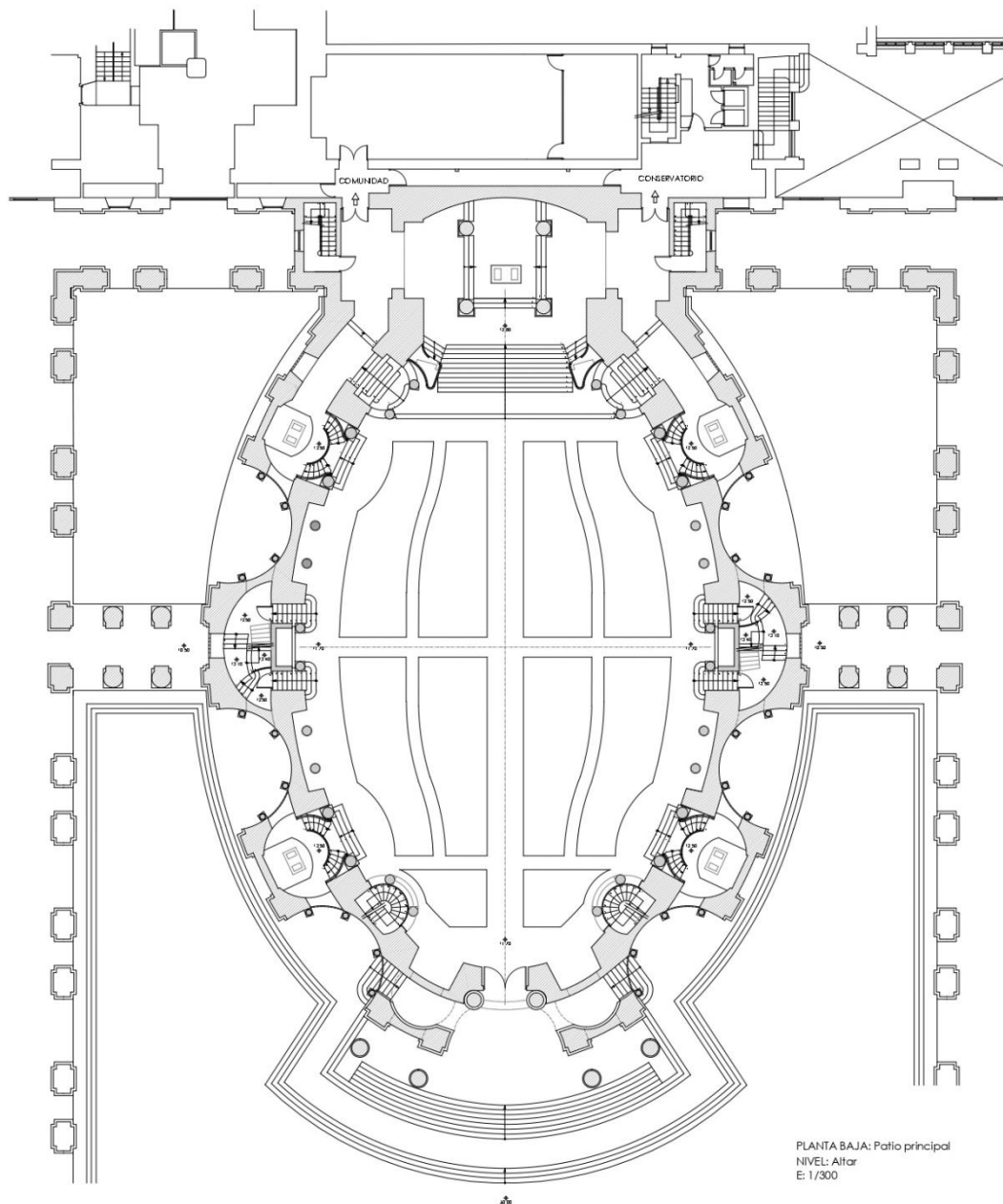


Fig.117: Planta baja, patio principal, nivel de altar.

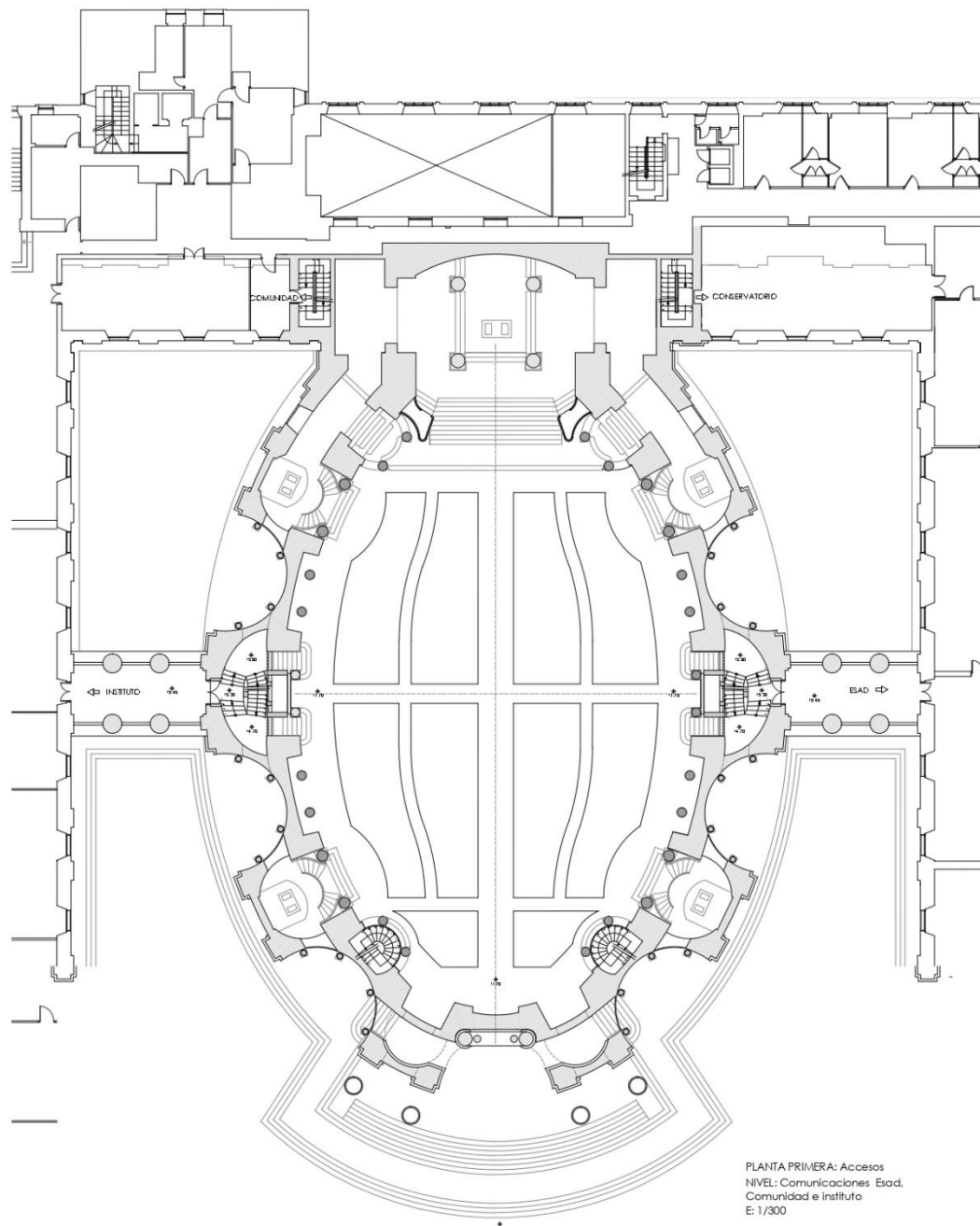


Fig.118: Primera planta, comunicaciones a la Esad, a la comunidad y al instituto.

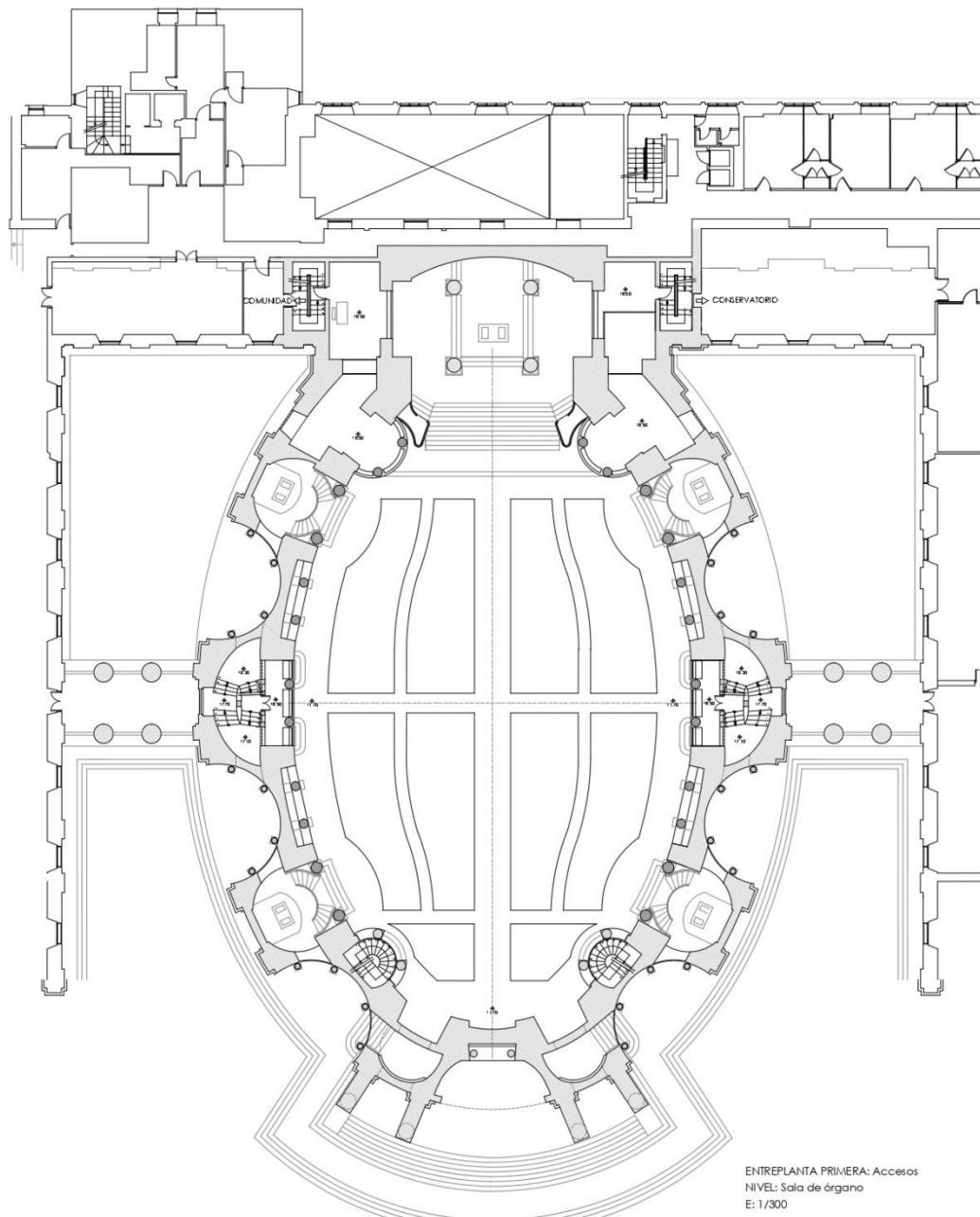


Fig.119: Entreplanta primera, nivel de la sala del órgano.

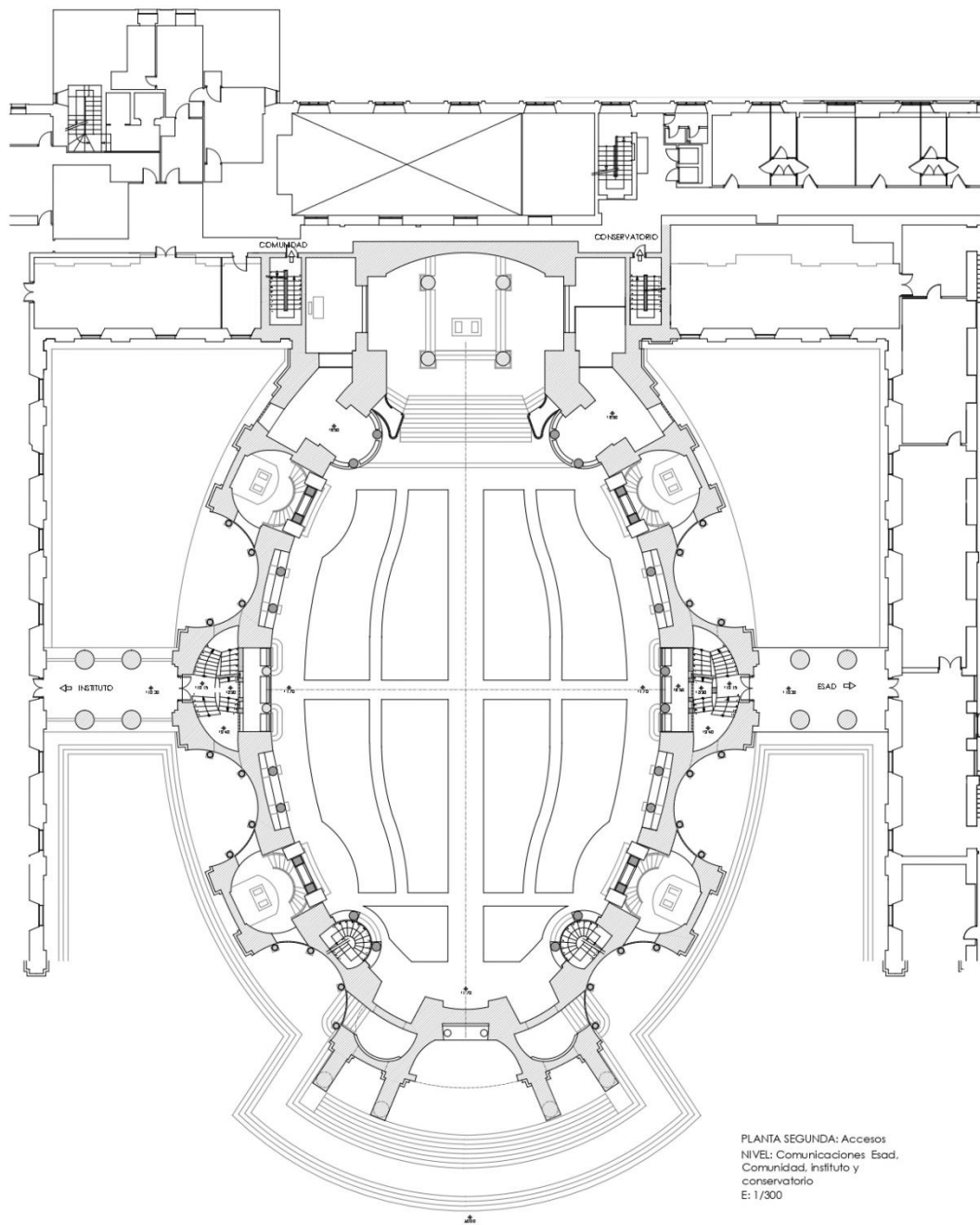


Fig.120: Segunda planta, comunicaciones con la Esad, la comunidad, el instituto y el conservatorio.

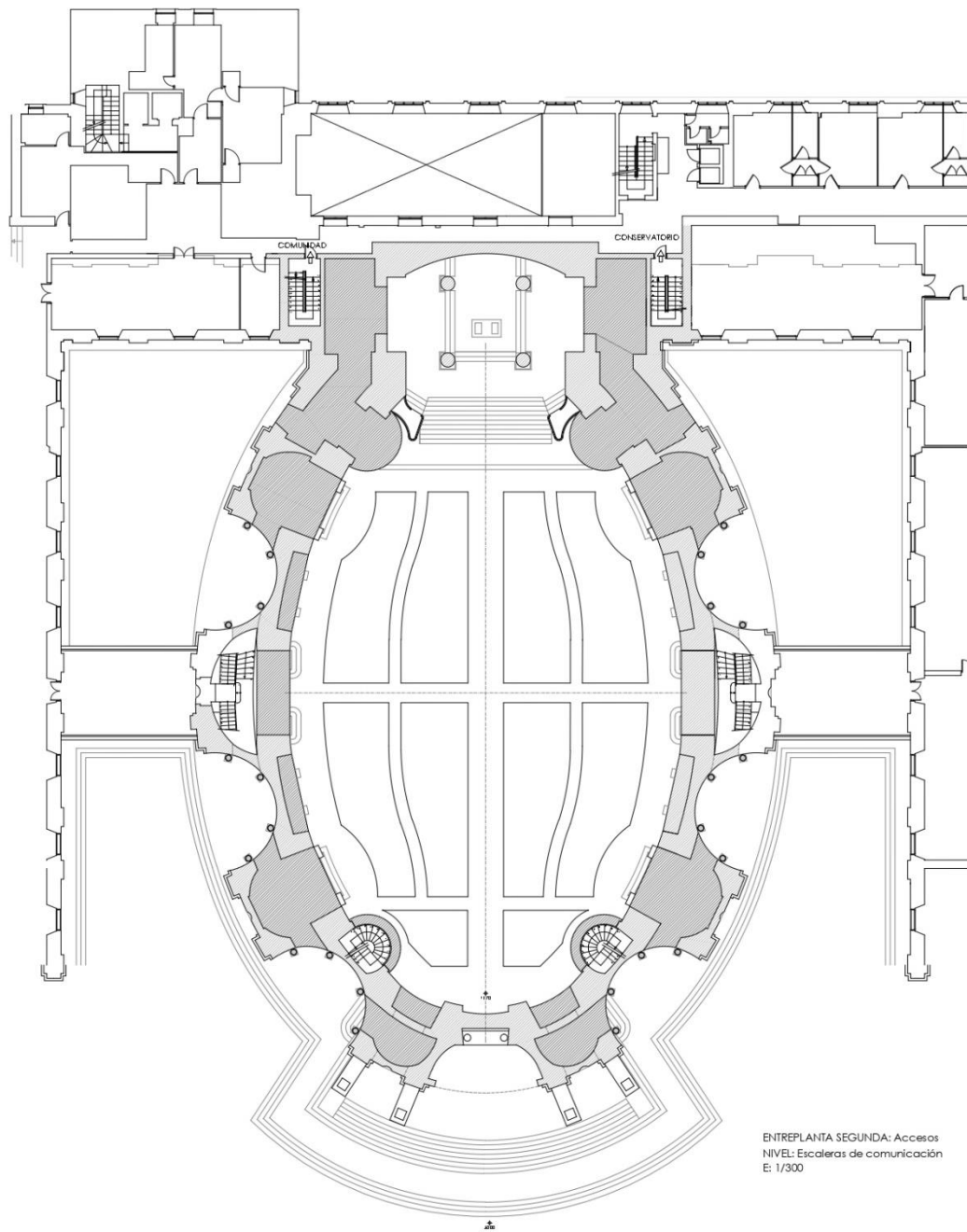


Fig.121: Segunda entreplanta, nivel por las escaleras de comunicación.

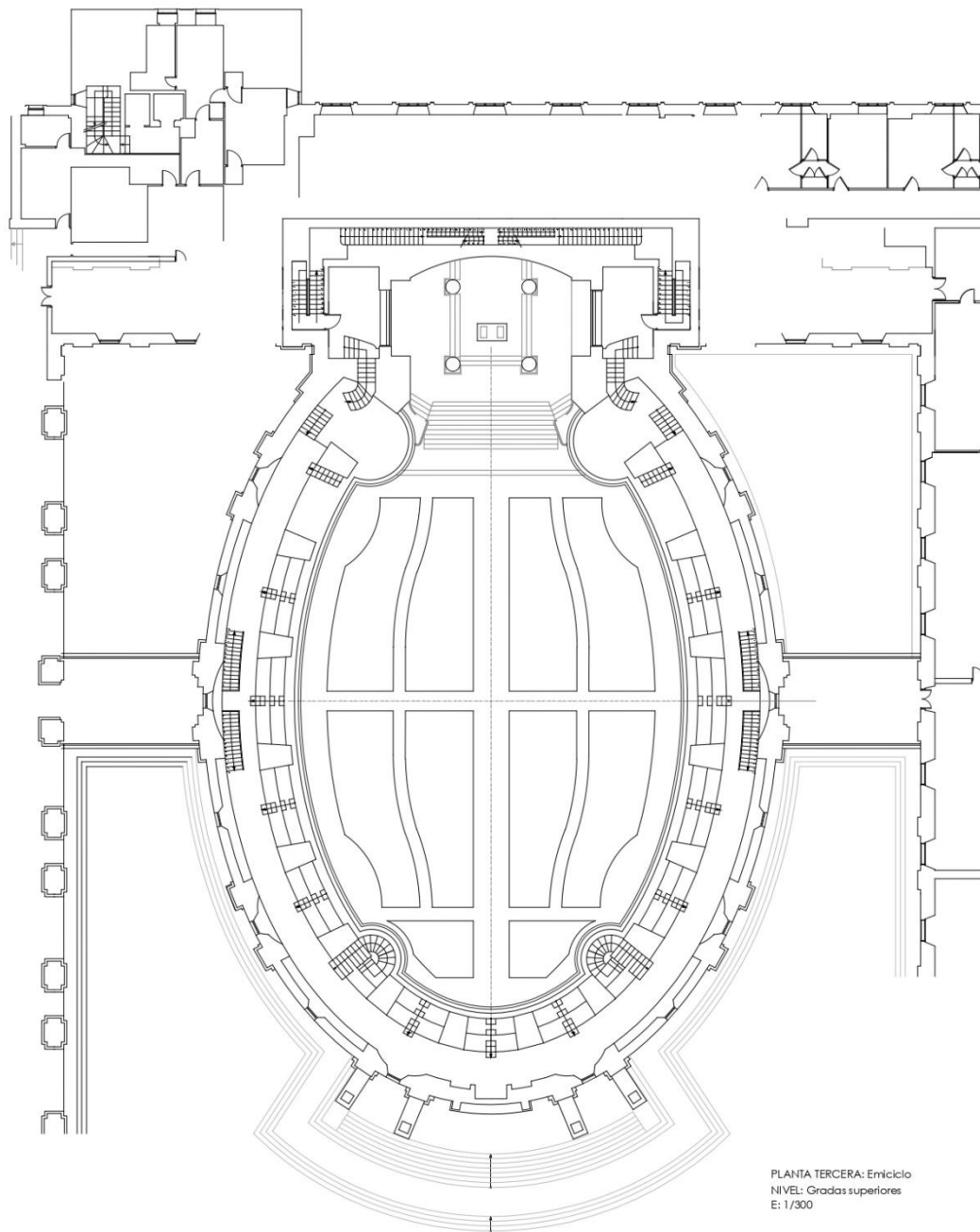


Fig.122: Tercera planta, nivel de galerías superiores.

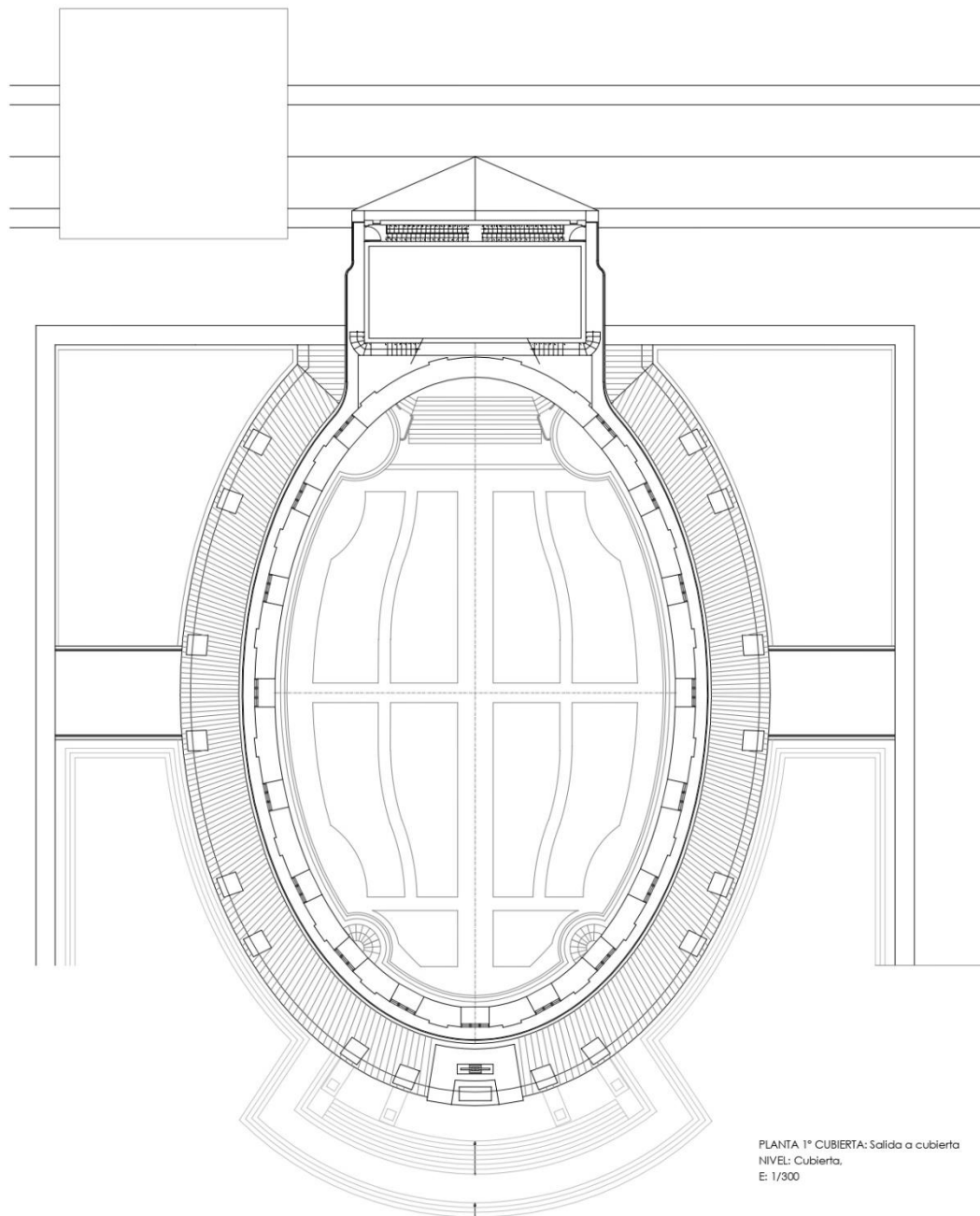


Fig.123: Planta de primera cubierta.

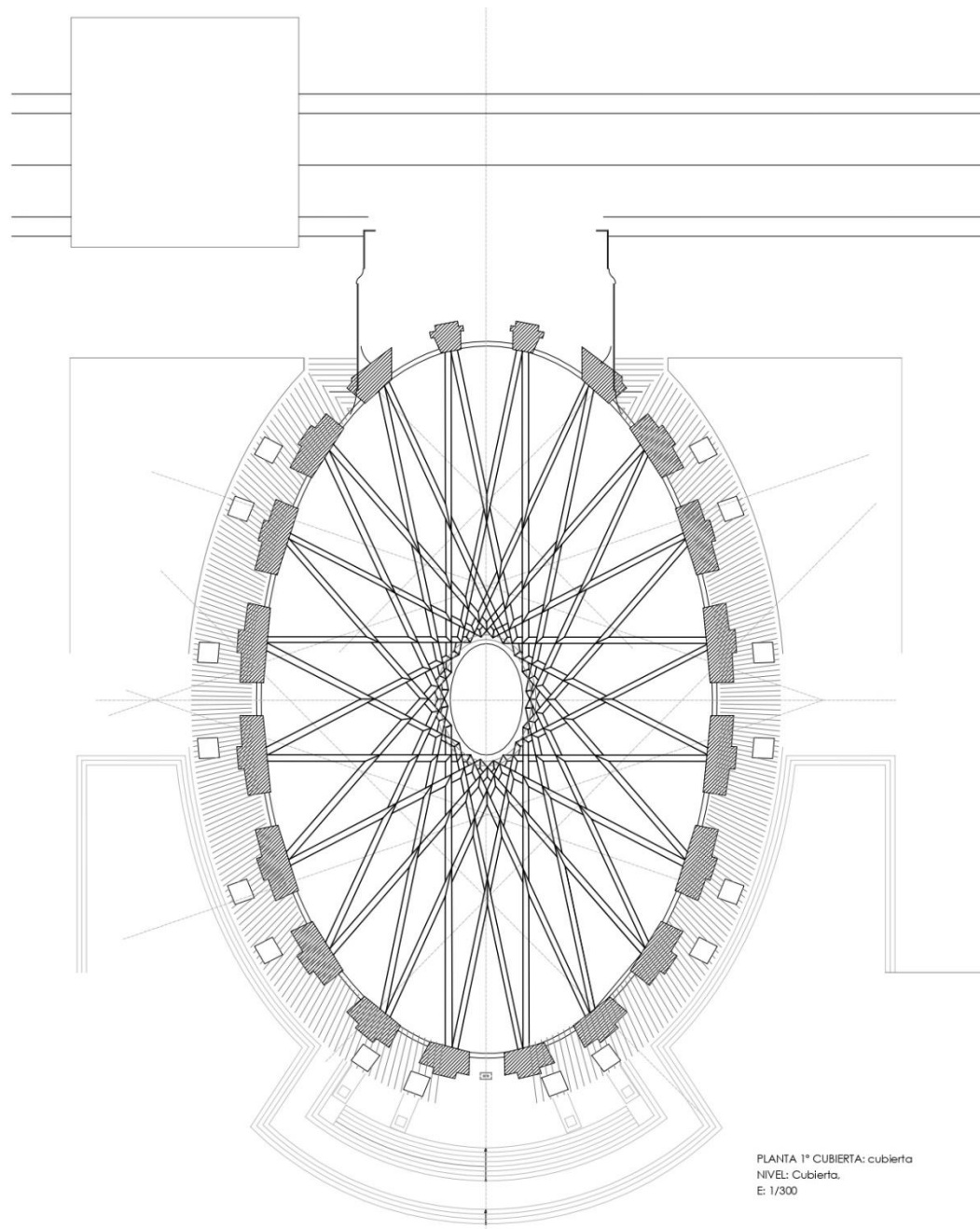


Fig.124: Planta de estructura de segunda cubierta.

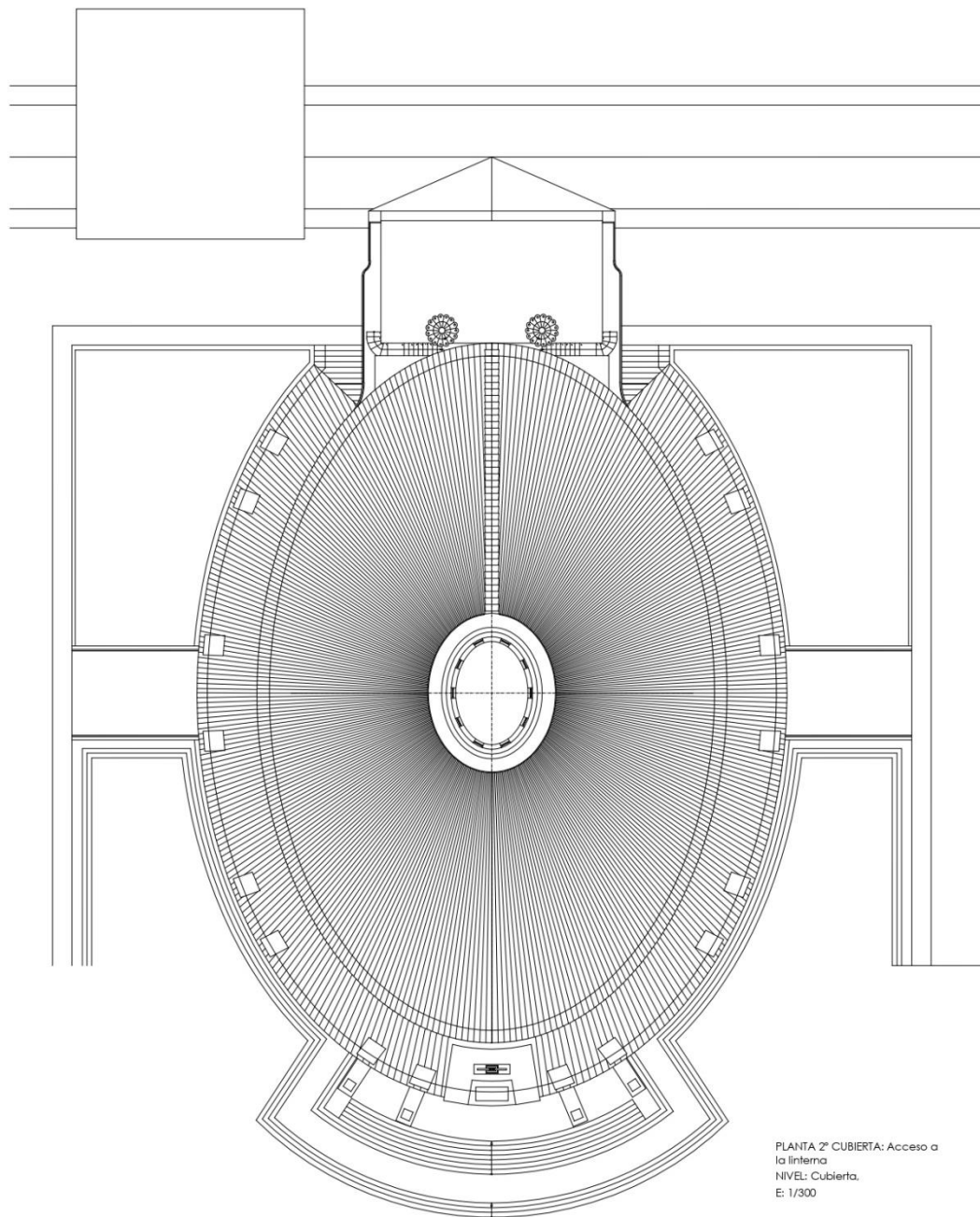


Fig.125: Planta de cubiertas, acceso a la linterna.

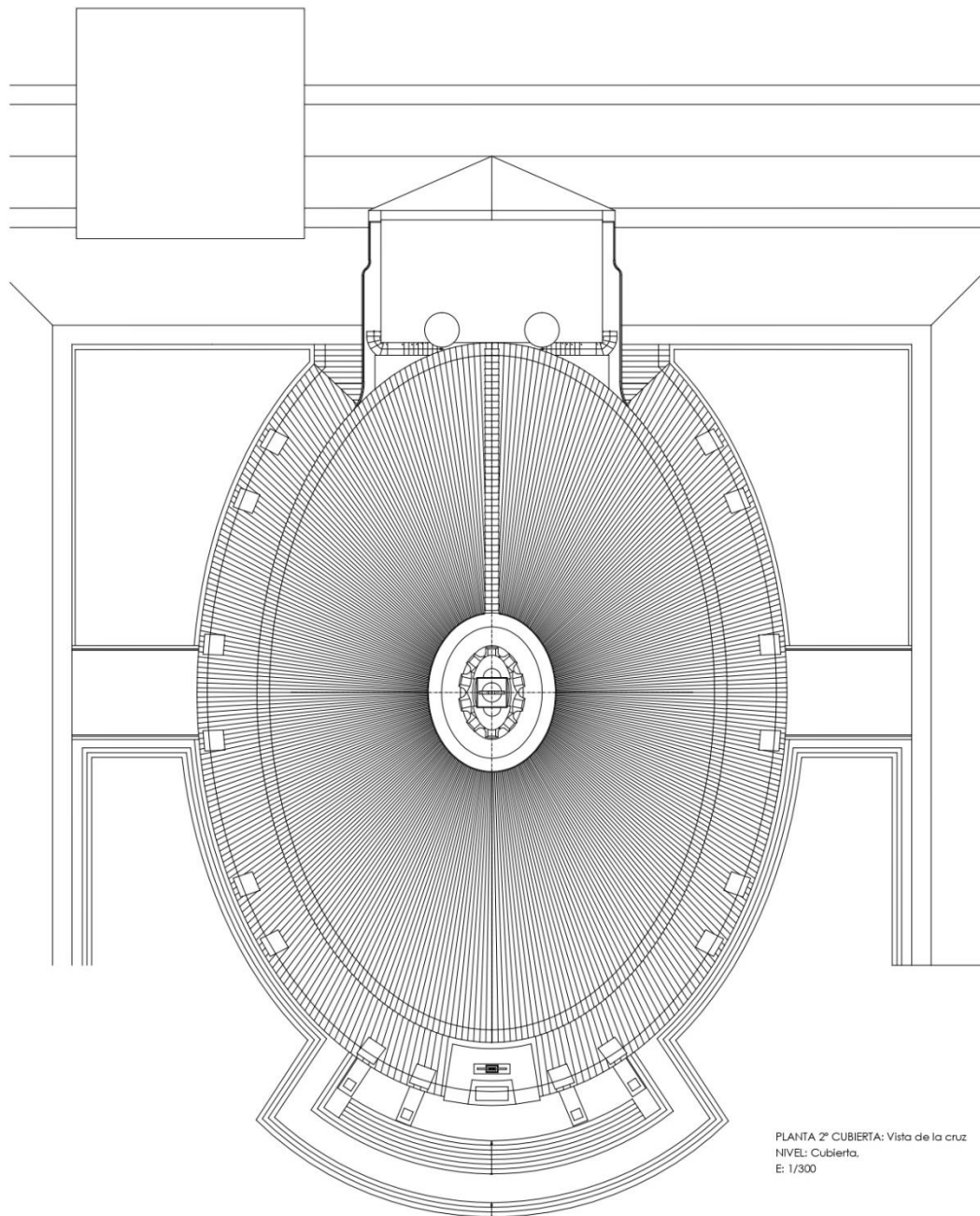


Fig.126: Planta de cubiertas, vista de la cruz.

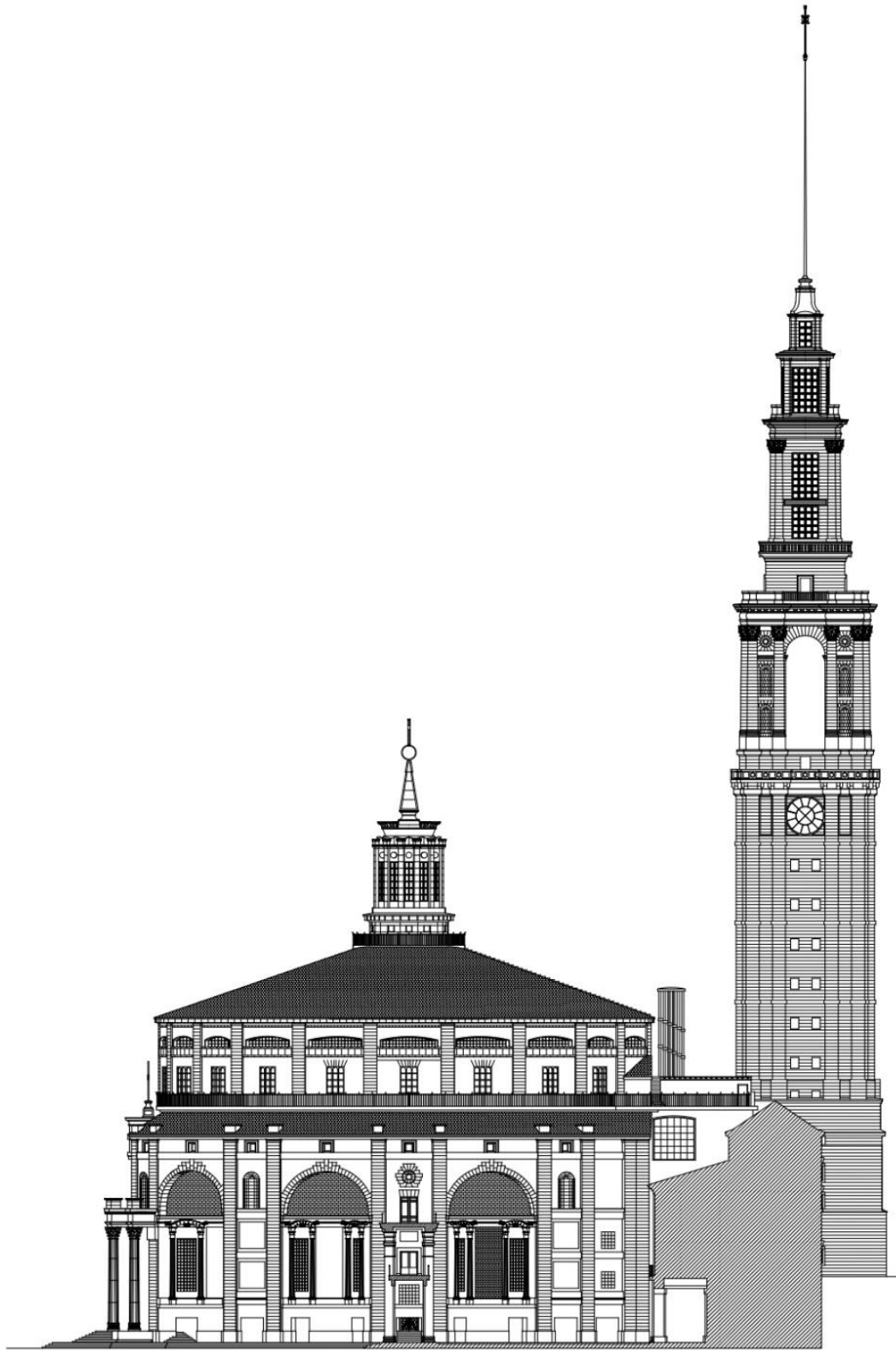


Fig.127: Alzado norte de la iglesia y torre.

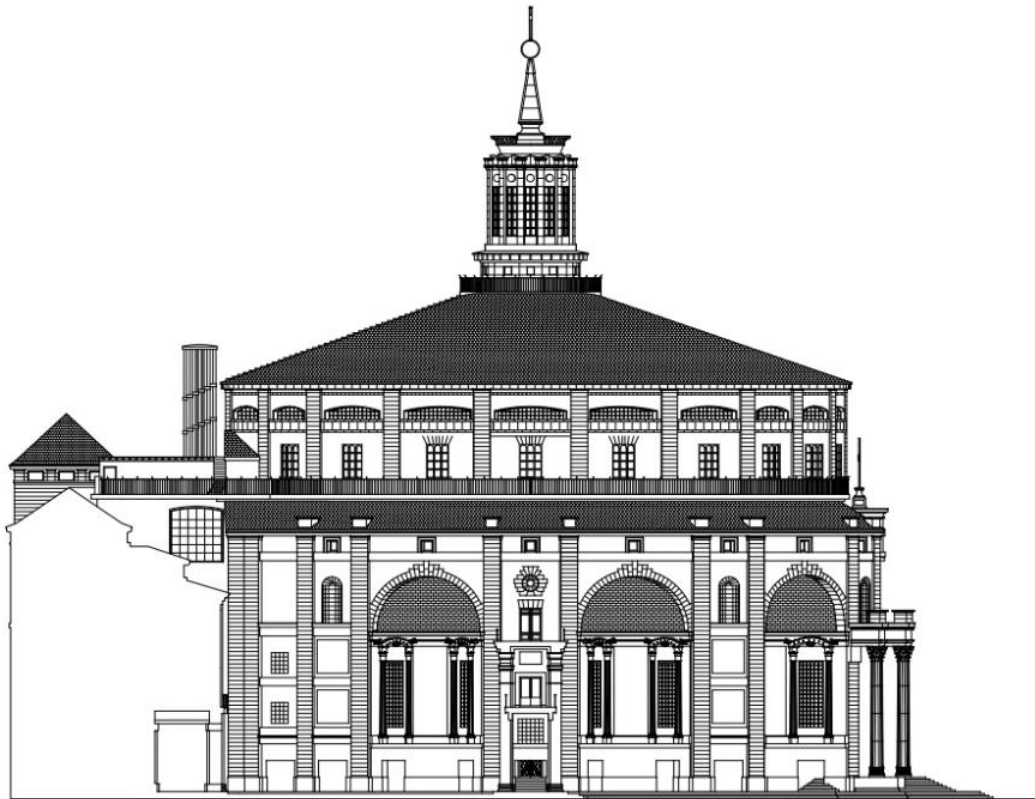


Fig.128: Alzado sur de la iglesia.

10. PROCEDENCIA DE LAS IMÁGENES.

Fig.1, 3, 41 Archivo Asociación de Antiguos Alumnos de la Universidad Laboral.

Fig.2 Plano de Luis Moya, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, ETSAM. Modificado por Lucía Vallina.

Fig.4 Tabla de Urbino

Fig.5 Pinterest. (<https://www.pinterest.es/pin/471963235933246691/>)

Fig.6 Wikipedia.

(https://es.wikipedia.org/wiki/Historia_de_las_c%C3%BApulas_persas)

Fig.7 Blog. (<http://www.enelmundoperdido.com/2018/07/roma-visita-al-panteon-de-agripa/>)

Fig.8 Blog. (<https://www.lacamaradelarte.com/2020/04/santa-sofia-de-constantinopla.html>)

Fig.9 Periódico ABC Córdoba. (https://sevilla.abc.es/andalucia/cordoba/sevi-claves-estudio-maqsur-mezquita-catedral-cordoba-201809190820_noticia.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F)

Fig.10 Wikipedia.

(https://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%BApula_de_Santa_Mar%C3%AD_a_del_Fiore)

Fig.11, 39, 47, 48, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 85, 86, 87, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101 Legado de Luis Moya Blanco, ETSAM

Fig.13, 14 Dibujos realizados por la autora.

Fig. 12, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 118, 119, 120, 121, 122 Carlos Margareto Pericón, delineante, RECREA ASTURIAS, modificadas por la autora.

Fig. 15 HEYMAN, Jacques "Esqueleto de Piedra: mecánica de la arquitectura de fábrica" (1995), modificado por Manuel Freire, para clase del Máster Universitario de Rehabilitación Arquitectónica, ETSAC.

Fig. 16, 17 Plano base de Luis MOYA, modificado por la autora.

Fig. 18, Gráficas del profesor Miguel Ángel Cobreros, en su libro "Elementos estructurales de obras de fábrica"

Fig. 19, 20, 21 Dibujo de Autocad realizado por la autora.

Fig. 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35 Captura programa RFEM, realizado por la autora.

Fig. 36, 37, 38, 39, 40, 41, 67, 68, 69 Fotografías realizadas por Víctor Cambor, miembro de la Asociación de Antiguos Alumnos.

Fig. 42, 43, 46 ARES, Inocencio, Historia vivida nº 37, "La Universidad Laboral: obra artística de la arquitectura española".

Fig. 47 Archivo de la Universidad Laboral de Gijón, (<http://www.universidadlaboraldegijon.es/26.html>)

Fig. 49 Blog. (<https://www.losviajesdedora.com/2015/08/visita-la-universidad-laboral-de-gijon.html>)

Fig. 50 Fotografía realizada por Lucía Vallina.

Fig. 52, 53, 71, 72, 73 Fotografías realizadas por la autora.

Fig. 53, 62, 63, 65, 66 GARCÍA- GUTIERREZ, Javier y Antón González CAPITEL (2000)

Fig. 55 Blog. (<https://www.todocoleccion.net/postales-asturias/gijon-postal-universidad-laboral-jose-antonio-giron-teatro-sin-identificar-editor-1959~x173173037>)

Fig. 56 Laboral, Publicación del Centro de Arte y Creación Industrial con motivo de su inauguración, Gijón (2007)

Fig. 57 RODRÍGUEZ, Martín (2006)

Fig. 58 TORIBIO GUTIERREZ, Alfonso y José VALDEÓN MENÉNDEZ (2009)

Fig. 59 GRANDA ÁLVAREZ, Francisco Javier (2013)

Fig. 61 Blog. (<http://recuerdogijon.blogspot.com/search?q=laboral>)

Fig. 74 Blog. (<https://guiadeasturias.com/lugar/laboral-ciudad-la-cultura/>)

Fig. 75 ZATÓN, Jesús y Julio César ÁLVAREZ (1993)

Fig. 70, 76 Archivo de la Voz de Asturias
(<http://www.lavozdeasturias.es/noticia/gijón/2016/07/12/universidad-laboral-gijón-declarada-bien-interés-cultural/00031468318406500592645.htm>)

Fig. 77 Artículo de El Comercio (<https://www.elcomercio.es/40-aniversario-muerte-franco/201511/16/huella-franco-20151116141331-rc.html>)

Fig. 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97 Fotografías cedidas por la Familia de ÁLVAREZ AMORENA, arquitecto y calculista de la iglesia.

Fig. 42, 43, 124 Planos realizados por la autora.

ANEXO

LEY DE PATRIMONIO CULTURAL DE ASTURIAS

Según la **LEY DE PATRIMONIO CULTURAL DE ASTURIAS. Ley 1/2001, de 6 de Marzo, BOE**, los términos conservación, reparación, restauración y rehabilitación se mencionan en los siguientes artículos:

Conservación.

- i. **Artículo 16.2:** “El expediente contendrá los informes técnicos necesarios, elaborados desde las distintas disciplinas científicas aplicables a la naturaleza del bien, que justifiquen el interés relevante que reviste, acompañados de una completa documentación gráfica. Incluirá, además, un informe detallado sobre su estado de conservación y, en el caso de bienes inmuebles, una propuesta de delimitación del entorno afectado por su protección.”

Reparación.

- j. **Artículo 38.1: Reparación de daños causados ilícitamente.**
“La Consejería de Educación y Cultura ordenará a las personas o instituciones responsables, sin perjuicio de la sanción que corresponda en su caso, la reparación de los daños causados ilícitamente en los bienes integrantes del Patrimonio Cultural de Asturias, mediante la adopción de medidas de demolición, reposición, reconstrucción u otras que resulten precisas para recuperar el estado anterior del bien. En caso de que, de forma injustificada el requerimiento no sea atendido en el plazo señalado, se procederá a la imposición de la correspondiente multa coercitiva y a la repetición del mismo cuantas veces sea necesario, en los términos establecidos en el artículo 104 de esta ley.”

Restauración.

- k. **Artículo 51. Proyecto técnico:** “La realización de obras mayores e intervenciones de conservación o restauración de Bienes de Interés Cultural precisará la elaboración de un proyecto técnico. 2. Los proyectos técnicos incluirán, como mínimo, la identificación del bien, la diagnosis de su estado, la documentación gráfica de los estudios previos y su entorno o contexto, la propuesta de actuación desde el punto de vista técnico y económico y la descripción de la técnica y materiales a utilizar. En los casos que reglamentariamente se señalen deberán ir acompañados de estudios complementarios, históricos, arqueológicos o de otra naturaleza. La redacción de proyectos, la dirección de las obras y restantes intervenciones y, en su caso, los estudios complementarios deberán efectuarse por técnico competente. 3. Al término de las actuaciones, el técnico director de las obras o intervenciones presentará a la Consejería de Educación y Cultura un informe detallado sobre la ejecución de las mismas. 4. Quedan exceptuadas del requisito de proyecto técnico las actuaciones de emergencia que resulte necesario realizar en caso de riesgo grave para las personas o los bienes. La situación de emergencia deberá acreditarse mediante informe suscrito por profesional competente que será puesto en conocimiento de la Consejería de Educación y Cultura antes de iniciar las actuaciones. Al término de la intervención deberá presentarse informe descriptivo de su naturaleza, alcance y resultados. Las intervenciones de emergencia se limitarán a las actuaciones que resulten estrictamente necesarias, reponiéndose los elementos retirados al término de las mismas.”

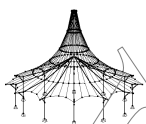
Rehabilitación.

- I. **Artículo 96.2: Planos de Protección del Patrimonio Cultural:** “El plan tendrá una vigencia de tres años y en él se programarán las actuaciones necesarias en materia de investigación, rehabilitación, restauración, señalización, difusión y acceso a los bienes integrantes del Patrimonio Cultural de Asturias de acuerdo con las prioridades que en él se determinen.”

Artículo 99.1: “En el presupuesto de toda obra pública de importe superior en su conjunto a 50. 000 000 de pesetas financiada total o parcialmente por el Principado de Asturias, se reservará un 1 por 100 de los fondos para la conservación, restauración y enriquecimiento del patrimonio cultural []. De las mencionadas obligaciones se excluyen las obras que en sí mismas tengan como finalidad la rehabilitación o puesta en valor de bienes protegidos por su interés cultural o la instalación de obras de arte.”

ANEXO

RESULTADOS DE CÁLCULO RFEM



Proyecto: TFG

Modelo: CUPULA

Fecha: 02/07/2020

estructura_cupula

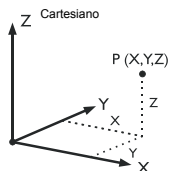
MODELO - DATOS GENERALES

General	Nombre del modelo	: CUPULA
	Nombre del proyecto	: TFG
	Descripción del proyecto	: estructura_cupula
	Tipo de modelo	: 3D
	Dirección positiva del eje Z global	: Ascendente
	Clasificación de casos de carga y combinaciones de carga	: Según la norma: EN 1990 Anejo Nacional: UNE - España
Opciones	<input type="checkbox"/> RF-FORM-FINDING - Búsqueda de formas iniciales de equilibrio de estructuras de membrana y cable	
	<input type="checkbox"/> RF-CUTTING-PATTERN	
	<input type="checkbox"/> Análisis de tuberías	
	<input type="checkbox"/> Usar regla CQC	
	<input type="checkbox"/> Habilitar modelo CAD/BIM	
Gravedad estándar		: 10.00 m/s ²

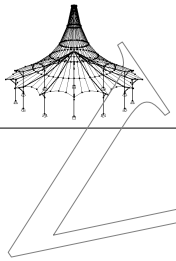
CONFIGURACIÓN DE MALLA DE EF

General	Longitud de destino de elementos finitos	l_{FE}	: 0.5 m
	Distancia máxima entre un nudo y una línea para integrarlo a la línea	ϵ	: 0.0 m
	Número máximo de nudos de malla (en miles)		: 500
Barras	Número de divisiones de barras con cable, apoyo elástico, de sección variable o característica plástica		: 10
	<input checked="" type="checkbox"/> Activar divisiones de barra para análisis de grandes deformaciones o postcrítico		
	<input checked="" type="checkbox"/> Usar la división para las barras con los nudos que están en las mismas		
Superficies	Razón máxima de diagonales rectangulares de EF	Δ_D	: 1.800
	Inclinación máxima fuera del plano de dos elementos finitos	α	: 0.50 °
	Dirección de forma de elementos finitos		: Triangulares y cuadrangulares
			<input checked="" type="checkbox"/> Iguales casillas donde sea posible

1.1 NUDOS



Nudo núm.	Tipo de nudo	Nudo de referenc.	Sistema de coordenadas	Coordenadas del nudo			Comentario
				X [m]	Y [m]	Z [m]	
1	Estándar	-	Cartesiano	26.647	60.071	2.462	
2	Estándar	-	Cartesiano	26.661	60.138	2.426	
3	Estándar	-	Cartesiano	27.197	17.924	0.000	
4	Estándar	-	Cartesiano	27.193	17.943	0.255	
5	Estándar	-	Cartesiano	27.180	18.006	0.536	
6	Estándar	-	Cartesiano	27.154	18.134	0.891	
7	Estándar	-	Cartesiano	27.137	18.216	1.064	
8	Estándar	-	Cartesiano	27.034	18.708	1.412	
9	Estándar	-	Cartesiano	26.671	20.456	2.439	
10	Estándar	-	Cartesiano	26.662	20.499	2.461	
11	Estándar	-	Cartesiano	25.908	24.129	3.512	
12	Estándar	-	Cartesiano	24.924	28.861	4.337	
13	Estándar	-	Cartesiano	24.816	29.385	4.389	
14	Estándar	-	Cartesiano	23.779	34.371	4.786	
15	Estándar	-	Cartesiano	23.148	37.565	4.848	
16	Estándar	-	Cartesiano	22.676	17.875	0.000	
17	Estándar	-	Cartesiano	22.676	17.893	0.234	
18	Estándar	-	Cartesiano	22.676	17.954	0.493	
19	Estándar	-	Cartesiano	22.675	18.077	0.826	
20	Estándar	-	Cartesiano	22.675	18.216	1.111	
21	Estándar	-	Cartesiano	22.674	18.610	1.368	
22	Estándar	-	Cartesiano	22.670	20.499	2.422	
23	Estándar	-	Cartesiano	22.667	21.747	2.798	
24	Estándar	-	Cartesiano	22.661	24.129	3.465	
25	Estándar	-	Cartesiano	22.650	28.861	4.245	
26	Estándar	-	Cartesiano	22.637	34.371	4.735	
27	Estándar	-	Cartesiano	22.626	38.646	4.799	
28	Estándar	-	Cartesiano	22.676	38.672	4.859	
29	Estándar	-	Cartesiano	31.534	20.084	0.000	
30	Estándar	-	Cartesiano	31.478	20.205	0.630	
31	Estándar	-	Cartesiano	31.343	20.499	1.142	
32	Estándar	-	Cartesiano	31.274	20.649	1.310	
33	Estándar	-	Cartesiano	30.748	21.788	2.068	
34	Estándar	-	Cartesiano	29.837	23.763	3.002	
35	Estándar	-	Cartesiano	29.668	24.129	3.136	
36	Estándar	-	Cartesiano	27.971	27.809	4.027	
37	Estándar	-	Cartesiano	27.486	28.861	4.223	
38	Estándar	-	Cartesiano	24.944	34.371	4.827	
39	Estándar	-	Cartesiano	24.816	34.649	4.840	
40	Estándar	-	Cartesiano	23.845	36.820	4.859	
41	Estándar	-	Cartesiano	24.474	36.501	4.878	
42	Estándar	-	Cartesiano	24.940	35.941	4.871	
43	Estándar	-	Cartesiano	26.305	34.371	4.766	
44	Estándar	-	Cartesiano	28.331	32.042	4.468	
45	Estándar	-	Cartesiano	31.098	28.861	3.774	
46	Estándar	-	Cartesiano	31.161	28.789	3.753	
47	Estándar	-	Cartesiano	33.035	26.634	2.817	



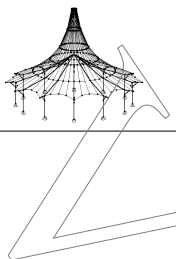
Proyecto: TFG
estructura_cupula

Modelo: CUPULA

Fecha: 02/07/2020

1.1 NUDOS

Nudo núm.	Tipo de nudo	Nudo de referenc.	Sistema de coordenadas	Coordenadas del nudo			Comentario
				X [m]	Y [m]	Z [m]	
48	Estándar	-	Cartesiano	34.280	25.204	1.878	
49	Estándar	-	Cartesiano	34.992	24.385	0.939	
50	Estándar	-	Cartesiano	35.214	24.129	0.038	
51	Estándar	-	Cartesiano	35.222	24.121	0.000	
52	Estándar	-	Cartesiano	37.844	29.887	0.000	
53	Estándar	-	Cartesiano	37.450	30.091	1.155	
54	Estándar	-	Cartesiano	36.280	30.698	2.256	
55	Estándar	-	Cartesiano	34.361	31.693	3.251	
56	Estándar	-	Cartesiano	31.746	33.050	4.084	
57	Estándar	-	Cartesiano	29.199	34.371	4.569	
58	Estándar	-	Cartesiano	28.503	34.732	4.678	
59	Estándar	-	Cartesiano	25.252	36.481	4.873	
60	Estándar	-	Cartesiano	39.242	36.734	0.000	
61	Estándar	-	Cartesiano	38.750	36.734	1.269	
62	Estándar	-	Cartesiano	37.308	36.734	2.450	
63	Estándar	-	Cartesiano	35.014	36.734	3.465	
64	Estándar	-	Cartesiano	32.027	36.734	4.243	
65	Estándar	-	Cartesiano	28.548	36.734	4.733	
66	Estándar	-	Cartesiano	25.881	36.759	4.853	
67	Estándar	-	Cartesiano	39.231	43.964	0.000	
68	Estándar	-	Cartesiano	38.759	43.722	1.269	
69	Estándar	-	Cartesiano	37.369	43.008	2.462	
70	Estándar	-	Cartesiano	35.134	41.861	3.504	
71	Estándar	-	Cartesiano	32.177	40.343	4.329	
72	Estándar	-	Cartesiano	32.064	40.285	4.346	
73	Estándar	-	Cartesiano	28.587	38.500	4.781	
74	Estándar	-	Cartesiano	26.684	37.592	4.840	
75	Estándar	-	Cartesiano	25.928	43.917	4.847	
76	Estándar	-	Cartesiano	28.547	43.881	4.731	
77	Estándar	-	Cartesiano	32.025	43.881	4.242	
78	Estándar	-	Cartesiano	35.012	43.881	3.464	
79	Estándar	-	Cartesiano	37.304	43.881	2.450	
80	Estándar	-	Cartesiano	38.746	43.881	1.268	
81	Estándar	-	Cartesiano	39.238	43.881	0.000	
82	Estándar	-	Cartesiano	24.551	44.221	4.877	
83	Estándar	-	Cartesiano	24.816	44.635	4.877	
84	Estándar	-	Cartesiano	26.177	46.198	4.772	
85	Estándar	-	Cartesiano	28.322	48.660	4.457	
86	Estándar	-	Cartesiano	30.977	51.708	3.791	
87	Estándar	-	Cartesiano	31.134	51.888	3.737	
88	Estándar	-	Cartesiano	33.001	54.032	2.806	
89	Estándar	-	Cartesiano	34.241	55.455	1.871	
90	Estándar	-	Cartesiano	34.951	56.270	0.935	
91	Estándar	-	Cartesiano	35.098	56.440	0.337	
92	Estándar	-	Cartesiano	35.165	56.516	0.000	
93	Estándar	-	Cartesiano	31.413	60.563	0.000	
94	Estándar	-	Cartesiano	31.385	60.426	0.622	
95	Estándar	-	Cartesiano	31.313	60.071	1.167	
96	Estándar	-	Cartesiano	31.280	59.912	1.311	
97	Estándar	-	Cartesiano	30.973	58.406	2.142	
98	Estándar	-	Cartesiano	30.571	56.440	2.939	
99	Estándar	-	Cartesiano	30.312	55.168	3.271	
100	Estándar	-	Cartesiano	29.605	51.708	3.984	
101	Estándar	-	Cartesiano	28.491	46.254	4.663	
102	Estándar	-	Cartesiano	28.480	46.198	4.669	
103	Estándar	-	Cartesiano	27.363	40.813	4.871	
104	Estándar	-	Cartesiano	27.132	62.658	0.000	
105	Estándar	-	Cartesiano	27.132	62.639	0.249	
106	Estándar	-	Cartesiano	27.132	62.574	0.527	
107	Estándar	-	Cartesiano	27.132	62.441	0.884	
108	Estándar	-	Cartesiano	27.133	62.353	1.065	
109	Estándar	-	Cartesiano	27.133	61.736	1.468	
110	Estándar	-	Cartesiano	27.134	60.071	2.398	
111	Estándar	-	Cartesiano	27.135	58.053	3.006	
112	Estándar	-	Cartesiano	27.136	56.440	3.458	
113	Estándar	-	Cartesiano	27.139	51.708	4.238	
114	Estándar	-	Cartesiano	27.142	46.198	4.729	
115	Estándar	-	Cartesiano	27.134	42.072	4.846	
116	Estándar	-	Cartesiano	23.137	43.117	4.845	
117	Estándar	-	Cartesiano	23.743	46.198	4.785	
118	Estándar	-	Cartesiano	24.816	51.322	4.376	
119	Estándar	-	Cartesiano	24.896	51.708	4.338	
120	Estándar	-	Cartesiano	25.887	56.440	3.513	
121	Estándar	-	Cartesiano	27.024	61.874	1.406	
122	Estándar	-	Cartesiano	27.124	62.353	1.067	
123	Estándar	-	Cartesiano	27.142	62.438	0.887	
124	Estándar	-	Cartesiano	27.169	62.566	0.534	
125	Estándar	-	Cartesiano	27.182	62.628	0.254	
126	Estándar	-	Cartesiano	27.186	62.647	0.000	
127	Estándar	-	Cartesiano	23.864	43.898	4.855	
128	Estándar	-	Cartesiano	24.816	46.094	4.836	
129	Estándar	-	Cartesiano	24.864	46.198	4.830	
130	Estándar	-	Cartesiano	27.415	51.708	4.226	
131	Estándar	-	Cartesiano	27.956	52.876	4.009	
132	Estándar	-	Cartesiano	29.606	56.440	3.144	
133	Estándar	-	Cartesiano	29.807	56.875	2.985	
134	Estándar	-	Cartesiano	30.715	58.836	2.057	
135	Estándar	-	Cartesiano	31.239	59.967	1.303	
136	Estándar	-	Cartesiano	31.287	60.071	1.188	
137	Estándar	-	Cartesiano	31.436	60.392	0.627	
138	Estándar	-	Cartesiano	31.492	60.512	0.000	
139	Estándar	-	Cartesiano	26.669	43.145	4.836	
140	Estándar	-	Cartesiano	26.003	46.198	4.780	
141	Estándar	-	Cartesiano	24.848	51.708	4.340	



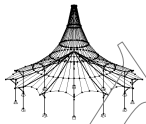
Proyecto: TFG
estructura_cupula

Modelo: CUPULA

Fecha: 02/07/2020

1.1 NUDOS

Nudo nº.	Tipo de nudo	Nudo de referenc.	Sistema de coordenadas	Coordenadas del nudo			Comentario
				X [m]	Y [m]	Z [m]	
142	Estándar	-	Cartesiano	24.816	51.863	4.316	
143	Estándar	-	Cartesiano	23.856	56.440	3.518	
144	Estándar	-	Cartesiano	23.096	60.071	2.467	
145	Estándar	-	Cartesiano	23.044	60.318	2.337	
146	Estándar	-	Cartesiano	22.695	61.985	1.357	
147	Estándar	-	Cartesiano	22.617	62.353	1.096	
148	Estándar	-	Cartesiano	22.593	62.468	0.853	
149	Estándar	-	Cartesiano	22.568	62.590	0.514	
150	Estándar	-	Cartesiano	22.555	62.650	0.244	
151	Estándar	-	Cartesiano	22.551	62.669	0.000	
152	Estándar	-	Cartesiano	22.666	41.995	4.855	
153	Estándar	-	Cartesiano	22.620	46.198	4.734	
154	Estándar	-	Cartesiano	22.615	51.708	4.244	
155	Estándar	-	Cartesiano	22.611	56.440	3.463	
156	Estándar	-	Cartesiano	22.608	58.560	2.869	
157	Estándar	-	Cartesiano	22.607	60.071	2.413	
158	Estándar	-	Cartesiano	22.605	61.872	1.407	
159	Estándar	-	Cartesiano	22.605	62.353	1.093	
160	Estándar	-	Cartesiano	22.605	62.472	0.849	
161	Estándar	-	Cartesiano	22.605	62.599	0.507	
162	Estándar	-	Cartesiano	22.605	62.661	0.240	
163	Estándar	-	Cartesiano	22.605	62.680	0.000	
164	Estándar	-	Cartesiano	22.455	40.790	4.880	
165	Estándar	-	Cartesiano	21.322	46.198	4.676	
166	Estándar	-	Cartesiano	21.183	46.863	4.611	
167	Estándar	-	Cartesiano	20.168	51.708	4.004	
168	Estándar	-	Cartesiano	19.387	55.437	3.233	
169	Estándar	-	Cartesiano	19.177	56.440	2.970	
170	Estándar	-	Cartesiano	18.738	58.538	2.116	
171	Estándar	-	Cartesiano	18.428	60.017	1.296	
172	Estándar	-	Cartesiano	18.417	60.071	1.247	
173	Estándar	-	Cartesiano	18.331	60.482	0.615	
174	Estándar	-	Cartesiano	18.261	60.590	0.000	
175	Estándar	-	Cartesiano	24.834	46.198	4.832	
176	Estándar	-	Cartesiano	24.816	46.237	4.829	
177	Estándar	-	Cartesiano	22.301	51.708	4.230	
178	Estándar	-	Cartesiano	21.695	53.027	3.985	
179	Estándar	-	Cartesiano	20.127	56.440	3.159	
180	Estándar	-	Cartesiano	19.873	56.991	2.957	
181	Estándar	-	Cartesiano	18.978	58.939	2.037	
182	Estándar	-	Cartesiano	18.462	60.063	1.290	
183	Estándar	-	Cartesiano	22.460	39.847	4.882	
184	Estándar	-	Cartesiano	22.205	40.285	4.883	
185	Estándar	-	Cartesiano	21.059	42.756	4.762	
186	Estándar	-	Cartesiano	19.463	46.198	4.433	
187	Estándar	-	Cartesiano	18.103	49.130	3.961	
188	Estándar	-	Cartesiano	16.908	51.708	3.360	
189	Estándar	-	Cartesiano	16.284	53.052	2.919	
190	Estándar	-	Cartesiano	15.284	55.208	1.891	
191	Estándar	-	Cartesiano	14.737	56.388	0.930	
192	Estándar	-	Cartesiano	14.713	56.440	0.802	
193	Estándar	-	Cartesiano	14.602	56.678	0.000	
194	Estándar	-	Cartesiano	14.511	56.570	0.000	
195	Estándar	-	Cartesiano	14.624	56.440	0.573	
196	Estándar	-	Cartesiano	14.713	56.338	0.932	
197	Estándar	-	Cartesiano	15.421	55.526	1.865	
198	Estándar	-	Cartesiano	16.657	54.107	2.797	
199	Estándar	-	Cartesiano	18.518	51.971	3.725	
200	Estándar	-	Cartesiano	18.747	51.708	3.804	
201	Estándar	-	Cartesiano	21.316	48.760	4.448	
202	Estándar	-	Cartesiano	23.548	46.198	4.776	
203	Estándar	-	Cartesiano	24.983	44.552	4.887	
204	Estándar	-	Cartesiano	25.263	44.222	4.869	
205	Estándar	-	Cartesiano	21.212	40.285	4.839	
206	Estándar	-	Cartesiano	21.009	40.518	4.823	
207	Estándar	-	Cartesiano	17.629	44.401	4.230	
208	Estándar	-	Cartesiano	16.064	46.198	3.758	
209	Estándar	-	Cartesiano	14.994	47.427	3.342	
210	Estándar	-	Cartesiano	13.249	49.431	2.275	
211	Estándar	-	Cartesiano	12.217	50.617	1.151	
212	Estándar	-	Cartesiano	11.875	51.010	0.000	
213	Estándar	-	Cartesiano	11.809	50.762	0.000	
214	Estándar	-	Cartesiano	12.202	50.561	1.153	
215	Estándar	-	Cartesiano	13.373	49.963	2.252	
216	Estándar	-	Cartesiano	15.291	48.984	3.244	
217	Estándar	-	Cartesiano	17.903	47.650	4.074	
218	Estándar	-	Cartesiano	20.748	46.198	4.614	
219	Estándar	-	Cartesiano	21.132	46.002	4.674	
220	Estándar	-	Cartesiano	21.041	38.619	4.784	
221	Estándar	-	Cartesiano	17.840	40.285	4.385	
222	Estándar	-	Cartesiano	17.461	40.482	4.325	
223	Estándar	-	Cartesiano	14.507	42.018	3.501	
224	Estándar	-	Cartesiano	12.275	43.180	2.460	
225	Estándar	-	Cartesiano	10.887	43.902	1.268	
226	Estándar	-	Cartesiano	10.416	44.147	0.000	
227	Estándar	-	Cartesiano	21.085	43.924	4.730	
228	Estándar	-	Cartesiano	17.609	43.924	4.241	
229	Estándar	-	Cartesiano	14.622	43.924	3.463	
230	Estándar	-	Cartesiano	12.330	43.924	2.449	
231	Estándar	-	Cartesiano	10.889	43.924	1.268	
232	Estándar	-	Cartesiano	10.397	43.924	0.000	
233	Estándar	-	Cartesiano	21.082	36.783	4.734	
234	Estándar	-	Cartesiano	17.603	36.783	4.245	
235	Estándar	-	Cartesiano	14.614	36.783	3.466	



Proyecto: TFG

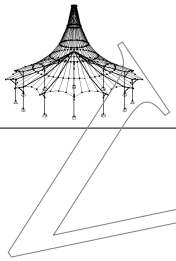
Modelo: CUPULA

Fecha: 02/07/2020

estructura_cupula

1.1 NUDOS

Nudo núm.	Tipo de nudo	Nudo de referenc.	Sistema de coordenadas	Coordenadas del nudo			Comentario
				X [m]	Y [m]	Z [m]	
236	Estándar	-	Cartesiano	12.320	36.783	2.451	
237	Estándar	-	Cartesiano	10.878	36.783	1.269	
238	Estándar	-	Cartesiano	10.386	36.783	0.000	
239	Estándar	-	Cartesiano	10.410	36.491	0.000	
240	Estándar	-	Cartesiano	10.881	36.738	1.269	
241	Estándar	-	Cartesiano	12.270	37.464	2.461	
242	Estándar	-	Cartesiano	14.502	38.632	3.503	
243	Estándar	-	Cartesiano	17.457	40.177	4.328	
244	Estándar	-	Cartesiano	17.662	40.285	4.360	
245	Estándar	-	Cartesiano	21.044	42.053	4.781	
246	Estándar	-	Cartesiano	21.128	34.742	4.678	
247	Estándar	-	Cartesiano	20.419	34.371	4.567	
248	Estándar	-	Cartesiano	17.886	33.046	4.084	
249	Estándar	-	Cartesiano	15.273	31.678	3.250	
250	Estándar	-	Cartesiano	13.357	30.675	2.255	
251	Estándar	-	Cartesiano	12.188	30.064	1.154	
252	Estándar	-	Cartesiano	11.795	29.858	0.000	
253	Estándar	-	Cartesiano	11.866	29.595	0.000	
254	Estándar	-	Cartesiano	12.207	29.989	1.152	
255	Estándar	-	Cartesiano	13.240	31.179	2.277	
256	Estándar	-	Cartesiano	14.985	33.192	3.345	
257	Estándar	-	Cartesiano	16.008	34.371	3.743	
258	Estándar	-	Cartesiano	17.626	36.237	4.231	
259	Estándar	-	Cartesiano	21.007	40.136	4.826	
260	Estándar	-	Cartesiano	21.136	40.285	4.836	
261	Estándar	-	Cartesiano	24.816	35.876	4.875	
262	Estándar	-	Cartesiano	23.510	34.371	4.774	
263	Estándar	-	Cartesiano	21.314	31.842	4.451	
264	Estándar	-	Cartesiano	18.727	28.861	3.801	
265	Estándar	-	Cartesiano	18.514	28.616	3.728	
266	Estándar	-	Cartesiano	16.653	26.472	2.798	
267	Estándar	-	Cartesiano	15.418	25.050	1.865	
268	Estándar	-	Cartesiano	14.711	24.235	0.933	
269	Estándar	-	Cartesiano	14.619	24.129	0.560	
270	Estándar	-	Cartesiano	14.509	24.002	0.000	
271	Estándar	-	Cartesiano	22.068	40.084	4.871	
272	Estándar	-	Cartesiano	21.058	37.878	4.764	
273	Estándar	-	Cartesiano	19.451	34.371	4.431	
274	Estándar	-	Cartesiano	18.104	31.431	3.960	
275	Estándar	-	Cartesiano	16.927	28.861	3.366	
276	Estándar	-	Cartesiano	16.296	27.483	2.915	
277	Estándar	-	Cartesiano	15.303	25.316	1.887	
278	Estándar	-	Cartesiano	14.761	24.132	0.928	
279	Estándar	-	Cartesiano	14.760	24.129	0.922	
280	Estándar	-	Cartesiano	14.633	23.854	0.000	
281	Estándar	-	Cartesiano	22.357	39.628	4.871	
282	Estándar	-	Cartesiano	21.293	34.371	4.675	
283	Estándar	-	Cartesiano	21.177	33.795	4.619	
284	Estándar	-	Cartesiano	20.178	28.861	4.006	
285	Estándar	-	Cartesiano	19.408	25.051	3.221	
286	Estándar	-	Cartesiano	19.221	24.129	2.981	
287	Estándar	-	Cartesiano	18.782	21.958	2.101	
288	Estándar	-	Cartesiano	18.487	20.499	1.297	
289	Estándar	-	Cartesiano	18.484	20.486	1.286	
290	Estándar	-	Cartesiano	18.395	20.045	0.609	
291	Estándar	-	Cartesiano	18.368	19.910	0.000	
292	Estándar	-	Cartesiano	27.632	40.285	4.874	
293	Estándar	-	Cartesiano	28.582	38.234	4.774	
294	Estándar	-	Cartesiano	30.371	34.371	4.404	
295	Estándar	-	Cartesiano	31.574	31.776	3.987	
296	Estándar	-	Cartesiano	32.924	28.861	3.308	
297	Estándar	-	Cartesiano	33.433	27.762	2.947	
298	Estándar	-	Cartesiano	34.443	25.583	1.909	
299	Estándar	-	Cartesiano	34.995	24.391	0.939	
300	Estándar	-	Cartesiano	35.116	24.129	0.292	
301	Estándar	-	Cartesiano	35.156	24.043	0.000	
302	Estándar	-	Cartesiano	28.626	40.367	4.827	
303	Estándar	-	Cartesiano	28.696	40.285	4.820	
304	Estándar	-	Cartesiano	32.015	36.455	4.237	
305	Estándar	-	Cartesiano	33.820	34.371	3.692	
306	Estándar	-	Cartesiano	34.682	33.376	3.356	
307	Estándar	-	Cartesiano	36.433	31.355	2.285	
308	Estándar	-	Cartesiano	37.468	30.160	1.156	
309	Estándar	-	Cartesiano	37.811	29.764	0.000	
310	Estándar	-	Cartesiano	28.587	42.107	4.780	
311	Estándar	-	Cartesiano	32.128	40.285	4.337	
312	Estándar	-	Cartesiano	32.178	40.259	4.330	
313	Estándar	-	Cartesiano	35.136	38.737	3.505	
314	Estándar	-	Cartesiano	37.371	37.588	2.462	
315	Estándar	-	Cartesiano	38.761	36.872	1.270	
316	Estándar	-	Cartesiano	39.233	36.630	0.000	
317	Estándar	-	Cartesiano	28.502	45.906	4.676	
318	Estándar	-	Cartesiano	29.067	46.198	4.588	
319	Estándar	-	Cartesiano	31.738	47.578	4.080	
320	Estándar	-	Cartesiano	34.351	48.928	3.248	
321	Estándar	-	Cartesiano	36.269	49.919	2.254	
322	Estándar	-	Cartesiano	37.439	50.523	1.154	
323	Estándar	-	Cartesiano	37.832	50.726	0.000	
324	Estándar	-	Cartesiano	24.662	34.515	4.829	
325	Estándar	-	Cartesiano	24.592	34.353	4.818	
326	Estándar	-	Cartesiano	22.287	29.005	4.239	
327	Estándar	-	Cartesiano	21.529	27.245	3.915	
328	Estándar	-	Cartesiano	20.248	24.273	3.207	
329	Estándar	-	Cartesiano	19.829	23.301	2.855	



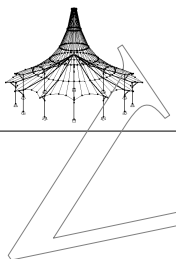
Proyecto: TFG
estructura_cupula

Modelo: CUPULA

Fecha: 02/07/2020

1.1 NUDOS

Nudo número	Tipo de nudo	Nudo de referenc.	Sistema de coordenadas	Coordenadas del nudo			Comentario
				X [m]	Y [m]	Z [m]	
330	Estándar	-	Cartesiano	18.997	21.370	1.958	
331	Estándar	-	Cartesiano	18.683	20.642	1.483	
332	Estándar	-	Cartesiano	18.577	20.396	1.226	
333	Estándar	-	Cartesiano	18.417	20.025	0.588	
334	Estándar	-	Cartesiano	27.115	38.563	4.848	
335	Estándar	-	Cartesiano	27.179	34.371	4.727	
336	Estándar	-	Cartesiano	27.179	28.861	4.236	
337	Estándar	-	Cartesiano	27.179	24.129	3.456	
338	Estándar	-	Cartesiano	27.179	22.717	3.060	
339	Estándar	-	Cartesiano	27.179	20.499	2.391	
340	Estándar	-	Cartesiano	27.179	18.892	1.494	
341	Estándar	-	Cartesiano	27.179	18.216	1.053	
342	Estándar	-	Cartesiano	27.179	18.141	0.899	
343	Estándar	-	Cartesiano	27.179	18.006	0.536	
344	Estándar	-	Cartesiano	27.179	17.940	0.253	
345	Estándar	-	Cartesiano	27.179	17.920	0.000	
346	Estándar	-	Cartesiano	37.808	50.814	0.000	
347	Estándar	-	Cartesiano	37.466	50.418	1.156	
348	Estándar	-	Cartesiano	36.431	49.221	2.285	
349	Estándar	-	Cartesiano	34.681	47.196	3.356	
350	Estándar	-	Cartesiano	33.818	46.198	3.693	
351	Estándar	-	Cartesiano	32.015	44.111	4.237	
352	Estándar	-	Cartesiano	28.707	40.285	4.818	
353	Estándar	-	Cartesiano	28.625	40.189	4.827	
354	Estándar	-	Cartesiano	27.351	39.748	4.871	
355	Estándar	-	Cartesiano	28.494	34.371	4.668	
356	Estándar	-	Cartesiano	28.495	34.367	4.668	
357	Estándar	-	Cartesiano	29.665	28.861	3.976	
358	Estándar	-	Cartesiano	30.360	25.593	3.298	
359	Estándar	-	Cartesiano	30.671	24.129	2.913	
360	Estándar	-	Cartesiano	31.058	22.306	2.170	
361	Estándar	-	Cartesiano	31.380	20.794	1.330	
362	Estándar	-	Cartesiano	31.443	20.499	1.060	
363	Estándar	-	Cartesiano	31.502	20.221	0.633	
364	Estándar	-	Cartesiano	31.531	20.082	0.000	
365	Estándar	-	Cartesiano	35.115	56.576	0.000	
366	Estándar	-	Cartesiano	35.053	56.440	0.456	
367	Estándar	-	Cartesiano	34.963	56.245	0.936	
368	Estándar	-	Cartesiano	34.413	55.054	1.903	
369	Estándar	-	Cartesiano	33.409	52.877	2.939	
370	Estándar	-	Cartesiano	32.869	51.708	3.322	
371	Estándar	-	Cartesiano	31.562	48.876	3.980	
372	Estándar	-	Cartesiano	30.327	46.198	4.411	
373	Estándar	-	Cartesiano	28.580	42.411	4.772	
374	Estándar	-	Cartesiano	27.615	40.320	4.874	
375	Estándar	-	Cartesiano	24.816	17.438	0.000	
376	Estándar	-	Cartesiano	28.627	18.216	0.000	
377	Estándar	-	Cartesiano	32.179	20.499	0.000	
378	Estándar	-	Cartesiano	37.570	28.861	0.000	
379	Estándar	-	Cartesiano	39.041	34.371	0.000	
380	Estándar	-	Cartesiano	39.543	40.285	0.000	
381	Estándar	-	Cartesiano	39.041	46.198	0.000	
382	Estándar	-	Cartesiano	37.570	51.708	0.000	
383	Estándar	-	Cartesiano	35.229	56.440	0.000	
384	Estándar	-	Cartesiano	32.179	60.071	0.000	
385	Estándar	-	Cartesiano	28.627	62.353	0.000	
386	Estándar	-	Cartesiano	24.816	63.132	0.000	
387	Estándar	-	Cartesiano	21.004	62.353	0.000	
388	Estándar	-	Cartesiano	17.452	60.071	0.000	
389	Estándar	-	Cartesiano	14.402	56.440	0.000	
390	Estándar	-	Cartesiano	12.062	51.708	0.000	
391	Estándar	-	Cartesiano	10.590	46.198	0.000	
392	Estándar	-	Cartesiano	10.088	40.285	0.000	
393	Estándar	-	Cartesiano	10.590	34.371	0.000	
394	Estándar	-	Cartesiano	12.062	28.861	0.000	
395	Estándar	-	Cartesiano	14.402	24.129	0.000	
396	Estándar	-	Cartesiano	17.452	20.499	0.000	
397	Estándar	-	Cartesiano	21.004	18.216	0.000	
398	Estándar	-	Cartesiano	22.503	39.333	4.870	
399	Estándar	-	Cartesiano	22.424	40.285	4.893	
400	Estándar	-	Cartesiano	22.752	38.382	4.854	
401	Estándar	-	Cartesiano	23.664	36.938	4.854	
402	Estándar	-	Cartesiano	24.265	36.545	4.870	
403	Estándar	-	Cartesiano	24.816	36.430	4.891	
404	Estándar	-	Cartesiano	27.401	40.353	4.882	
405	Estándar	-	Cartesiano	27.396	40.285	4.885	
406	Estándar	-	Cartesiano	27.316	41.374	4.857	
407	Estándar	-	Cartesiano	27.067	42.325	4.842	
408	Estándar	-	Cartesiano	26.672	43.141	4.836	
409	Estándar	-	Cartesiano	26.156	43.768	4.842	
410	Estándar	-	Cartesiano	25.555	44.162	4.857	
411	Estándar	-	Cartesiano	24.910	44.296	4.882	
412	Estándar	-	Cartesiano	24.816	44.276	4.887	
413	Estándar	-	Cartesiano	24.910	36.410	4.886	
414	Estándar	-	Cartesiano	25.555	36.545	4.861	
415	Estándar	-	Cartesiano	26.156	36.938	4.845	
416	Estándar	-	Cartesiano	26.672	37.565	4.840	
417	Estándar	-	Cartesiano	27.067	38.382	4.845	
418	Estándar	-	Cartesiano	27.316	39.333	4.861	
419	Estándar	-	Cartesiano	24.265	44.162	4.866	
420	Estándar	-	Cartesiano	23.664	43.768	4.850	
421	Estándar	-	Cartesiano	23.148	43.141	4.845	
422	Estándar	-	Cartesiano	22.752	42.325	4.850	
423	Estándar	-	Cartesiano	22.503	41.374	4.866	



Proyecto: TFG

Modelo: CUPULA

Fecha: 02/07/2020

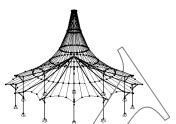
estructura_cupula

1.1 NUDOS

Nudo número	Tipo de nudo	Nudo de referenc.	Sistema de coordenadas	Coordenadas del nudo			Comentario
				X [m]	Y [m]	Z [m]	
424	Estándar	-	Cartesiano	22.418	40.353	4.891	
425	Estándar	-	Cartesiano	24.904	28.861	4.338	
426	Estándar	-	Cartesiano	24.816	28.439	4.272	
427	Estándar	-	Cartesiano	23.915	24.129	3.521	
428	Estándar	-	Cartesiano	23.157	20.499	2.470	
429	Estándar	-	Cartesiano	23.085	20.152	2.287	
430	Estándar	-	Cartesiano	22.744	18.522	1.329	
431	Estándar	-	Cartesiano	22.680	18.216	1.112	
432	Estándar	-	Cartesiano	22.653	18.084	0.834	
433	Estándar	-	Cartesiano	22.628	17.965	0.502	
434	Estándar	-	Cartesiano	22.615	17.906	0.239	
435	Estándar	-	Cartesiano	22.612	17.888	0.000	

1.2 LÍNEAS

Línea número	Tipo de línea	Nudos número	Long. de línea L [m]		Comentario
1	Polilínea	1,2	0.078		
2	Polilínea	3,4	0.255		
3	Polilínea	4,5	0.288		
4	Polilínea	5,6	0.378		
5	Polilínea	6,7	0.192		
6	Polilínea	7,8	0.611		
7	Polilínea	8,9	2.059		
8	Polilínea	9,10	0.049		
9	Polilínea	10,11	3.854		
10	Polilínea	11,12	4.903		
11	Polilínea	12,13	0.537		
12	Polilínea	13,14	5.109		
13	Polilínea	14,15	3.256		
14	Polilínea	16,17	0.234	YZ	
15	Polilínea	17,18	0.267		
16	Polilínea	18,19	0.355		
17	Polilínea	19,20	0.317		
18	Polilínea	20,21	0.471		
19	Polilínea	21,22	2.162		
20	Polilínea	22,23	1.304		
21	Polilínea	23,24	2.474		
22	Polilínea	24,25	4.796		
23	Polilínea	25,26	5.532		
24	Polilínea	26,27	4.275		
25	Polilínea	27,28	0.082		
26	Polilínea	29,30	0.644		
27	Polilínea	30,31	0.605		
28	Polilínea	31,32	0.236		
29	Polilínea	32,33	1.466		
30	Polilínea	33,34	2.367		
31	Polilínea	34,35	0.425		
32	Polilínea	35,36	4.149		
33	Polilínea	36,37	1.175		
34	Polilínea	37,38	6.098		
35	Polilínea	38,39	0.306		
36	Polilínea	39,40	2.378		
37	Polilínea	41,42	0.728		
38	Polilínea	42,43	2.083		
39	Polilínea	43,44	3.102		
40	Polilínea	44,45	4.273		
41	Polilínea	45,46	0.098		
42	Polilínea	46,47	3.005		
43	Polilínea	47,48	2.116		
44	Polilínea	48,49	1.435		
45	Polilínea	49,50	0.962		
46	Polilínea	50,51	0.040		
47	Polilínea	52,53	1.237		
48	Polilínea	53,54	1.718		
49	Polilínea	54,55	2.380		
50	Polilínea	55,56	3.062		
51	Polilínea	56,57	2.910		
52	Polilínea	57,58	0.791		
53	Polilínea	58,59	3.697		
54	Polilínea	60,61	1.361	XZ	
55	Polilínea	61,62	1.864	XZ	
56	Polilínea	62,63	2.508	XZ	
57	Polilínea	63,64	3.088	XZ	
58	Polilínea	64,65	3.513	XZ	
59	Polilínea	65,66	2.670		
60	Polilínea	67,68	1.376		
61	Polilínea	68,69	1.966		
62	Polilínea	69,70	2.720		
63	Polilínea	70,71	3.425		
64	Polilínea	71,72	0.128		
65	Polilínea	72,73	3.932		
66	Polilínea	73,74	2.110		
67	Polilínea	75,76	2.622		
68	Polilínea	76,77	3.512	XZ	
69	Polilínea	77,78	3.087	XZ	
70	Polilínea	78,79	2.507	XZ	
71	Polilínea	79,80	1.864	XZ	
72	Polilínea	80,81	1.360	XZ	
73	Polilínea	82,83	0.491	XY	
74	Polilínea	83,84	2.075		
75	Polilínea	84,85	3.281		



Proyecto: TFG

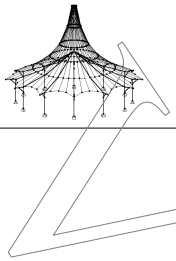
Modelo: CUPULA

Fecha: 02/07/2020

estructura_cupula

1.2 LÍNEAS

Línea núm.	Tipo de línea	Nudos núm.	Long. de línea L [m]		Comentario
76	Polilínea	85,86	4.096		
77	Polilínea	86,87	0.245		
78	Polilínea	87,88	2.992		
79	Polilínea	88,89	2.106		
80	Polilínea	89,90	1.429		
81	Polilínea	90,91	0.639		
82	Polilínea	91,92	0.352		
83	Polilínea	93,94	0.638		
84	Polilínea	94,95	0.654		
85	Polilínea	95,96	0.217		
86	Polilínea	96,97	1.747		
87	Polilínea	97,98	2.160		
88	Polilínea	98,99	1.339		
89	Polilínea	99,100	3.603		
90	Polilínea	100,101	5.608		
91	Polilínea	101,102	0.057		
92	Polilínea	102,103	5.503		
93	Polilínea	104,105	0.250	YZ	
94	Polilínea	105,106	0.285	YZ	
95	Polilínea	106,107	0.381	YZ	
96	Polilínea	107,108	0.201	YZ	
97	Polilínea	108,109	0.737	YZ	
98	Polilínea	109,110	1.907	YZ	
99	Polilínea	110,111	2.108		
100	Polilínea	111,112	1.675		
101	Polilínea	112,113	4.796		
102	Polilínea	113,114	5.532		
103	Polilínea	114,115	4.128		
104	Polilínea	116,117	3.140		
105	Polilínea	117,118	5.251		
106	Polilínea	118,119	0.396		
107	Polilínea	119,120	4.904		
108	Polilínea	120,1	3.856		
109	Polilínea	2,121	2.046		
110	Polilínea	121,122	0.595		
111	Polilínea	122,123	0.200		
112	Polilínea	123,124	0.377		
113	Polilínea	124,125	0.287		
114	Polilínea	125,126	0.254		
115	Polilínea	127,128	2.393		
116	Polilínea	128,129	0.114		
117	Polilínea	129,130	6.102		
118	Polilínea	130,131	1.305		
119	Polilínea	131,132	4.022		
120	Polilínea	132,133	0.505		
121	Polilínea	133,134	2.351		
122	Polilínea	134,135	1.457		
123	Polilínea	135,136	0.162		
124	Polilínea	136,137	0.663		
125	Polilínea	137,138	0.641		
126	Polilínea	139,140	3.125		
127	Polilínea	140,141	5.647		
128	Polilínea	141,142	0.160		
129	Polilínea	142,143	4.744		
130	Polilínea	143,144	3.856		
131	Polilínea	144,145	0.284		
132	Polilínea	145,146	1.965		
133	Polilínea	146,147	0.458		
134	Polilínea	147,148	0.270		
135	Polilínea	148,149	0.362		
136	Polilínea	149,150	0.276		
137	Polilínea	150,151	0.245		
138	Polilínea	152,153	4.205		
139	Polilínea	153,154	5.532		
140	Polilínea	154,155	4.796		
141	Polilínea	155,156	2.201		
142	Polilínea	156,157	1.578		
143	Polilínea	157,158	2.063		
144	Polilínea	158,159	0.575		
145	Polilínea	159,160	0.271	YZ	
146	Polilínea	160,161	0.366	YZ	
147	Polilínea	161,162	0.274	YZ	
148	Polilínea	162,163	0.241	YZ	
149	Polilínea	164,165	5.529		
150	Polilínea	165,166	0.683		
151	Polilínea	166,167	4.987		
152	Polilínea	167,168	3.887		
153	Polilínea	168,169	1.058		
154	Polilínea	169,170	2.308		
155	Polilínea	170,171	1.719		
156	Polilínea	171,172	0.074		
157	Polilínea	172,173	0.759		
158	Polilínea	173,174	0.628		
159	Polilínea	175,175	2.530		
160	Polilínea	175,176	0.043		
161	Polilínea	176,177	6.051		
162	Polilínea	177,178	1.472		
163	Polilínea	178,179	3.846		
164	Polilínea	179,180	0.640		
165	Polilínea	180,181	2.333		
166	Polilínea	181,182	1.445		
167	Polilínea	182,173	0.805		
168	Polilínea	183,184	0.506		
169	Polilínea	184,185	2.727		



Proyecto: TFG

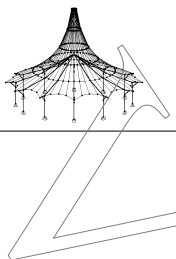
Modelo: CUPULA

Fecha: 02/07/2020

estructura_cupula

1.2 LÍNEAS

Línea núm.	Tipo de línea	Nudos núm.	Long. de línea L [m]		Comentario
170	Polilínea	185,186	3.808		
171	Polilínea	186,187	3.266		
172	Polilínea	187,188	2.905		
173	Polilínea	188,189	1.546		
174	Polilínea	189,190	2.590		
175	Polilínea	190,191	1.617		
176	Polilínea	191,192	0.140		
177	Polilínea	192,193	0.844		
178	Polilínea	194,195	0.598		
179	Polilínea	195,196	0.384		
180	Polilínea	196,197	1.425		
181	Polilínea	197,198	2.100		
182	Polilínea	198,199	2.982		
183	Polilínea	199,200	0.357		
184	Polilínea	200,201	3.963		
185	Polilínea	201,202	3.414		
186	Polilínea	202,203	2.186		
187	Polilínea	203,204	0.432		
188	Polilínea	28,205	2.178		
189	Polilínea	205,206	0.310		
190	Polilínea	206,207	5.182		
191	Polilínea	207,208	2.429		
192	Polilínea	208,209	1.682		
193	Polilínea	209,210	2.863		
194	Polilínea	210,211	1.933		
195	Polilínea	211,212	1.264		
196	Polilínea	213,214	1.234		
197	Polilínea	214,215	1.713		
198	Polilínea	215,216	2.371		
199	Polilínea	216,217	3.048		
200	Polilínea	217,218	3.239		
201	Polilínea	218,219	0.435		
202	Polilínea	219,82	3.861		
203	Polilínea	15,220	2.357		
204	Polilínea	220,221	3.631		
205	Polilínea	221,222	0.431		
206	Polilínea	222,223	3.430		
207	Polilínea	223,224	2.723		
208	Polilínea	224,225	1.967		
209	Polilínea	225,226	1.375		
210	Polilínea	127,227	2.781		
211	Polilínea	227,228	3.511	XZ	
212	Polilínea	228,229	3.086	XZ	
213	Polilínea	229,230	2.506	XZ	
214	Polilínea	230,231	1.864	XZ	
215	Polilínea	231,232	1.360	XZ	
216	Polilínea	40,233	2.766		
217	Polilínea	233,234	3.514	XZ	
218	Polilínea	234,235	3.088	XZ	
219	Polilínea	235,236	2.508	XZ	
220	Polilínea	236,237	1.865	XZ	
221	Polilínea	237,238	1.361	XZ	
222	Polilínea	239,240	1.375		
223	Polilínea	240,241	1.969		
224	Polilínea	241,242	2.726		
225	Polilínea	242,243	3.435		
226	Polilínea	243,244	0.234		
227	Polilínea	244,245	3.839		
228	Polilínea	245,116	2.349		
229	Polilínea	41,246	3.786		
230	Polilínea	246,247	0.807		
231	Polilínea	247,248	2.900		
232	Polilínea	248,249	3.064		
233	Polilínea	249,250	2.381		
234	Polilínea	250,251	1.718		
235	Polilínea	251,252	1.236		
236	Polilínea	253,254	1.265		
237	Polilínea	254,255	1.936		
238	Polilínea	255,256	2.870		
239	Polilínea	256,257	1.612		
240	Polilínea	257,258	2.518		
241	Polilínea	258,259	5.195		
242	Polilínea	259,260	0.197		
243	Polilínea	260,152	2.295		
244	Polilínea	59,261	0.746		
245	Polilínea	261,262	1.995		
246	Polilínea	262,263	3.365		
247	Polilínea	263,264	4.000		
248	Polilínea	264,265	0.333		
249	Polilínea	265,266	2.987		
250	Polilínea	266,267	2.102		
251	Polilínea	267,268	1.426		
252	Polilínea	268,269	0.398		
253	Polilínea	269,270	0.585		
254	Polilínea	164,271	0.806		
255	Polilínea	271,272	2.428		
256	Polilínea	272,273	3.872		
257	Polilínea	273,274	3.268		
258	Polilínea	274,275	2.888		
259	Polilínea	275,276	1.581		
260	Polilínea	276,277	2.596		
261	Polilínea	277,278	1.618		
262	Polilínea	278,279	0.006		
263	Polilínea	279,280	0.971		



Proyecto: TFG

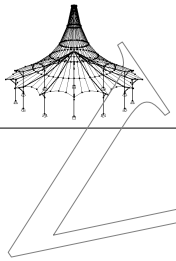
Modelo: CUPULA

Fecha: 02/07/2020

estructura_cupula

1.2 LÍNEAS

Línea núm.	Tipo de línea	Nudos núm.	Long. de línea L [m]		Comentario
264	Polilínea	183,281	0.243		
265	Polilínea	281,282	5.366		
266	Polilínea	282,283	0.591		
267	Polilínea	283,284	5.071		
268	Polilínea	284,285	3.966		
269	Polilínea	285,286	0.970		
270	Polilínea	286,287	2.384		
271	Polilínea	287,288	1.692		
272	Polilínea	288,289	0.017		
273	Polilínea	289,290	0.813		
274	Polilínea	290,291	0.625		
275	Polilínea	103,292	0.593		
276	Polilínea	292,293	2.262		
277	Polilínea	293,294	4.273		
278	Polilínea	294,295	2.891		
279	Polilínea	295,296	3.283		
280	Polilínea	296,297	1.264		
281	Polilínea	297,298	2.616		
282	Polilínea	298,299	1.633		
283	Polilínea	299,300	0.709		
284	Polilínea	300,301	0.307		
285	Polilínea	115,302	2.266		
286	Polilínea	302,303	0.109		
287	Polilínea	303,304	5.101		
288	Polilínea	304,305	2.810		
289	Polilínea	305,306	1.359		
290	Polilínea	306,307	2.881		
291	Polilínea	307,308	1.943		
292	Polilínea	308,309	1.269		
293	Polilínea	139,310	2.182		
294	Polilínea	310,311	4.007		
295	Polilínea	311,312	0.057		
296	Polilínea	312,313	3.427		
297	Polilínea	313,314	2.721		
298	Polilínea	314,315	1.967		
299	Polilínea	315,316	1.376		
300	Polilínea	204,317	3.655		
301	Polilínea	317,318	0.643		
302	Polilínea	318,319	3.049		
303	Polilínea	319,320	3.057		
304	Polilínea	320,321	2.376		
305	Polilínea	321,322	1.716		
306	Polilínea	322,323	1.235		
307	Polilínea	66,324	2.554		
308	Polilínea	324,325	0.177		
309	Polilínea	325,326	5.852		
310	Polilínea	326,327	1.943		
311	Polilínea	327,328	3.313		
312	Polilínea	328,329	1.116		
313	Polilínea	329,330	2.286		
314	Polilínea	330,331	0.923		
315	Polilínea	331,332	0.372		
316	Polilínea	332,333	0.755		
317	Polilínea	333,291	0.601		
318	Polilínea	334,335	4.194		
319	Polilínea	335,336	5.532	YZ	
320	Polilínea	336,337	4.796	YZ	
321	Polilínea	337,338	1.467	YZ	
322	Polilínea	338,339	2.317	YZ	
323	Polilínea	339,340	1.840	YZ	
324	Polilínea	340,341	0.807	YZ	
325	Polilínea	341,342	0.171	YZ	
326	Polilínea	342,343	0.388	YZ	
327	Polilínea	343,344	0.290	YZ	
328	Polilínea	344,345	0.254	YZ	
329	Polilínea	346,347	1.269		
330	Polilínea	347,348	1.944		
331	Polilínea	348,349	2.883		
332	Polilínea	349,350	1.362		
333	Polilínea	350,351	2.811		
334	Polilínea	351,352	5.091		
335	Polilínea	352,353	0.126		
336	Polilínea	353,334	2.219		
337	Polilínea	354,355	5.501		
338	Polilínea	355,356	0.005		
339	Polilínea	356,357	5.671		
340	Polilínea	357,358	3.409		
341	Polilínea	358,359	1.545		
342	Polilínea	359,360	2.007		
343	Polilínea	360,361	1.759		
344	Polilínea	361,362	0.405		
345	Polilínea	362,363	0.513		
346	Polilínea	363,364	0.648		
347	Polilínea	365,366	0.479		
348	Polilínea	366,367	0.527		
349	Polilínea	367,368	1.629		
350	Polilínea	368,369	2.612		
351	Polilínea	369,370	1.343		
352	Polilínea	370,371	3.188		
353	Polilínea	371,372	2.980		
354	Polilínea	372,373	4.186		
355	Polilínea	373,374	2.305		
356	Polilínea	374,354	0.630		
357	Polilínea	375,376	3.890	XY	



Proyecto: TFG

Modelo: CUPULA

Fecha: 02/07/2020

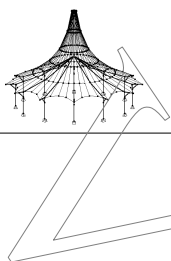
estructura_cupula

1.2 LÍNEAS

Línea núm.	Tipo de línea	Nudos núm.	Long. de línea L [m]		Comentario
358	Polilínea	376,377	4.222	XY	
359	Polilínea	377,51	4.731	XY	
360	Polilínea	51,378	5.290	XY	
361	Polilínea	378,379	5.703	XY	
362	Polilínea	379,380	5.934	XY	
363	Polilínea	380,381	5.934	XY	
364	Polilínea	381,382	5.703	XY	
365	Polilínea	382,383	5.279	XY	
366	Polilínea	383,384	4.742	XY	
367	Polilínea	384,385	4.222	XY	
368	Polilínea	385,386	3.890	XY	
369	Polilínea	386,387	3.890	XY	
370	Polilínea	387,174	3.261	XY	
371	Polilínea	388,389	4.742	XY	
372	Polilínea	389,390	5.279	XY	
373	Polilínea	390,391	5.703	XY	
374	Polilínea	391,392	5.934	XY	
375	Polilínea	392,393	5.934	XY	
376	Polilínea	393,394	5.703	XY	
377	Polilínea	394,395	5.279	XY	
378	Polilínea	395,396	4.742	XY	
379	Polilínea	396,397	4.222	XY	
380	Polilínea	397,375	3.890	XY	
381	Polilínea	398,399	0.956		
382	Polilínea	400,398	0.983		
383	Polilínea	15,400	0.908		
384	Polilínea	401,15	0.812		
385	Polilínea	401,402	0.719		
386	Polilínea	402,403	0.563		
387	Polilínea	404,405	0.069		
388	Polilínea	406,404	1.024		
389	Polilínea	407,406	0.983		
390	Polilínea	408,407	0.908		
391	Polilínea	408,409	0.812		
392	Polilínea	409,410	0.719		
393	Polilínea	411,410	0.659		
394	Polilínea	412,411	0.096		
395	Polilínea	413,403	0.096		
396	Polilínea	414,413	0.659		
397	Polilínea	415,414	0.719		
398	Polilínea	416,415	0.812		
399	Polilínea	417,416	0.908		
400	Polilínea	418,417	0.983		
401	Polilínea	405,418	0.956		
402	Polilínea	419,412	0.563		
403	Polilínea	420,419	0.719		
404	Polilínea	421,420	0.812		
405	Polilínea	422,421	0.908		
406	Polilínea	423,422	0.983		
407	Polilínea	424,423	1.024		
408	Polilínea	399,424	0.069		
409	Polilínea	74,425	8.924		
410	Polilínea	425,426	0.436		
411	Polilínea	426,427	4.466		
412	Polilínea	427,428	3.855		
413	Polilínea	428,429	0.398		
414	Polilínea	429,430	1.922		
415	Polilínea	430,431	0.380		
416	Polilínea	431,432	0.310		
417	Polilínea	432,433	0.353		
418	Polilínea	433,434	0.270		
419	Polilínea	434,435	0.240		
420	Polilínea	174,388	0.961	XY	

1.3 MATERIALES

Mater. núm.	Módulo E [kN/cm²]	Módulo G [kN/cm²]	Coef. Poisson ν [-]	Peso esp. γ [kN/m³]	Coef. dilat. térm. α [1/°C]	Coef. parc. γ _M [-]	Modelo de material
1	fabrica de ladrillo EN 1996-1-1 700.00	280.00	0.250	15.00	6.00E-06	1.00	&Isótropo de fábrica 2D...
	Beton C30/37						
2	fabrica de ladrillo EN 1996-1-1 700.00	280.00	0.250	15.00	6.00E-06	1.00	&Isótropo de fábrica 2D...
	Baustahl S 235						
3	fabrica de ladrillo EN 1996-1-1 700.00	280.00	0.250	15.00	6.00E-06	1.00	&Isótropo de fábrica 2D...
	Material definido por el usuario						
4	Fábrica (Ladrillo, Grupo 1, Mortero estándar, M10 - M20, <= 0,5 - 3 mm) EN 1996-1-1 700.00	280.00	0.250	15.00	6.00E-06	1.00	&Isótropo de fábrica 2D...
	Material definido por el usuario						
5	Fábrica (Ladrillo, Grupo 1, Mortero estándar, M10 - M20, <= 0,5 - 3 mm) EN 1996-1-1 700.00	240.00	0.458	15.00	6.00E-06	1.00	&Isótropo de fábrica 2D...
	Material definido por el usuario						
6	Fábrica (Ladrillo, Grupo 1, Mortero estándar, M10 - M20, <= 0,5 - 3 mm) EN 1996-1-1 700.00	240.00	0.458	15.00	6.00E-06	1.00	Isótropo elástico lineal
	Material definido por el usuario						



Proyecto: TFG
estructura_cupula

Modelo: CUPULA

Fecha: 02/07/2020

1.3 MATERIALES

Mater. núm.	Módulo E [kN/cm²]	Módulo G [kN/cm²]	Coef. Poisson ν [-]	Peso esp. γ [kN/m³]	Coef. dilat. térm. α [1/°C]	Coef. parc. γ_m [-]	Modelo de material
7	B 500 S (A) EN 1992-1-1:2004/A1:2014 20000.00	7692.31	0.300	78.50	1.00E-05	1.00	Isótropo elástico lineal
8	Hormigón C30/37 2830.00	DIN 1045-1:2008-08 1179.17	0.200	25.00	1.00E-05	1.00	Isótropo elástico lineal
9	Hormigón C30/37 3300.00	EN 1992-1-1:2004/A1:2014 1375.00	0.200	25.00	1.00E-05	1.00	Isótropo elástico lineal

1.3.11 MATERIALES - ISÓTROPICO DE FÁBRICA 2D

Mater. núm.	Tensiones límite de tracción [kN/cm²] σ_x , límite σ_y , límite	Factor de endurecimiento C_H [-]
1	fabrica de ladrillo EN 1996-1-1 <input type="checkbox"/> Elástico lineal sólo 0.01	0.02 1.00E-04
2	fabrica de ladrillo EN 1996-1-1 <input type="checkbox"/> Elástico lineal sólo 0.01	0.02 1.00E-04
3	fabrica de ladrillo EN 1996-1-1 <input type="checkbox"/> Elástico lineal sólo 0.01	0.02 1.00E-04
4	Fábrica (Ladrillo, Grupo 1, Mortero estándar, M10 - M20, <= 0,5 - 3 mm) EN 1996-1-1 <input type="checkbox"/> Elástico lineal sólo 0.01	0.02 1.00E-04
5	Fábrica (Ladrillo, Grupo 1, Mortero estándar, M10 - M20, <= 0,5 - 3 mm) EN 1996-1-1 <input type="checkbox"/> Elástico lineal sólo 0.01	0.02 1.00E-04

1.7 APOYOS EN NUDOS

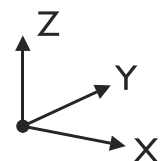
Apoyo núm.	Nudos	Sistema de ejes	Pilar en Z	Condiciones del apoyo u_x u_y u_z ϕ_x ϕ_y ϕ_z
1	16,29,50,52,60,67,81,92,93,104,126,138,151,163,174,193,194,212,213,226,232,238,239,252,253,270,280,301,309,316,323,345,346,364,365,375-397	Global X,Y,Z	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>

1.13 SECCIONES

Secc. núm.	Mater. núm.	I_x [cm⁴] A [cm²]	I_y [cm⁴] A _y [cm²]	I_z [cm⁴] A _z [cm²]	Ejes princip. α [°]	Giro α' [°]	Dimens. totales [mm] Ancho b Altura h
1	Rectángulo 500/1000 6	2860937.50 5000.00	4166666.75 4166.67	1041666.66 4166.67	0.00	0.00	500.0 1000.0
2	M-Rectángulo 500/1000 6	2860937.50 5000.00	4166666.75 4166.67	1041666.66 4166.67	0.00	0.00	500.0 1000.0
3	M-Rectángulo 600/300 9	370777.50 1800.00	135000.00 1500.00	540000.00 1500.00	0.00	0.00	600.0 300.0
4	M-Rectángulo 1000/1500 6	29342386.00 15000.00	28125000.00 12500.00	12500000.77 12500.00	0.00	0.00	1000.0 1500.0
5	M-Rectángulo 1000/1500 6	29342386.00 15000.00	28125000.00 12500.00	12500000.77 12500.00	0.00	0.00	1000.0 1500.0
6	M-Rectángulo 1000/1500 9	29342386.00 15000.00	28125000.00 12500.00	12500000.77 12500.00	0.00	0.00	1000.0 1500.0
7	M-Rectángulo 500/1000 9	2860937.50 5000.00	4166666.75 4166.67	1041666.66 4166.67	0.00	0.00	500.0 1000.0

1.17 BARRAS

Barra núm.	Línea núm.	Barra	Giro β [°]	Descripción Inicio Fin	Articul. núm. Inicio Fin	Exc. núm.	Divis. núm.	Longitud L [m]	
1	420	Viga	Ángulo 0.00	4 4	- -	-	-	0.961	XY
9	1	Viga	Ángulo 0.00	1 1	- -	-	-	0.078	
10	2	Viga	Ángulo 0.00	1 1	- -	-	-	0.255	
11	3	Viga	Ángulo 0.00	1 1	- -	-	-	0.288	
12	4	Viga	Ángulo 0.00	1 1	- -	-	-	0.378	
13	5	Viga	Ángulo 0.00	1 1	- -	-	-	0.192	
14	6	Viga	Ángulo 0.00	1 1	- -	-	-	0.611	
15	7	Viga	Ángulo 0.00	1 1	- -	-	-	2.059	
16	8	Viga	Ángulo 0.00	1 1	- -	-	-	0.049	
17	9	Viga	Ángulo 0.00	1 1	- -	-	-	3.854	
18	10	Viga	Ángulo 0.00	1 1	- -	-	-	4.903	
19	11	Viga	Ángulo 0.00	1 1	- -	-	-	0.537	
20	12	Viga	Ángulo 0.00	1 1	- -	-	-	5.109	



Rectángulo 500/1000... M-Rectángulo 500/1000...



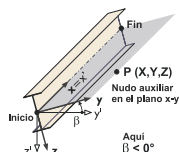
M-Rectángulo 600/300... M-Rectángulo 1000/1500...

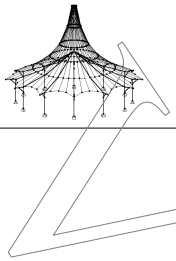


M-Rectángulo 1000/1500... M-Rectángulo 500/1000...



M-Rectángulo 500/1000...





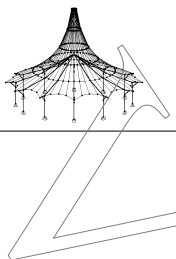
Proyecto: TFG
estructura_cupula

Modelo: CUPULA

Fecha: 02/07/2020

1.17 BARRAS

Barra número	Línea número	Barra	Giro		Descripción		Articul. número		Exc. número	Divis. número	Longitud L [m]	
			Tipo	β [°]	Inicio	Fin	Inicio	Fin				
21	13	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.256	YZ
22	14	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.234	
23	15	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.267	
24	16	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.355	YZ
25	17	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.317	
26	18	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.471	
27	19	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.162	YZ
28	20	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.304	
29	21	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.474	
30	22	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	4.796	YZ
31	23	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	5.532	
32	24	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	4.275	
33	25	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.082	YZ
34	26	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.644	
35	27	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.605	
36	28	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.236	YZ
37	29	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.466	
38	30	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.367	
39	31	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.425	YZ
40	32	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	4.149	
41	33	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.175	
42	34	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	6.098	YZ
43	35	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.306	
44	36	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.378	
45	37	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.728	YZ
46	38	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.083	
47	39	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.102	
48	40	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	4.273	YZ
49	41	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.098	
50	42	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.005	
51	43	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.116	YZ
52	44	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.435	
53	45	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.962	
54	46	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.040	YZ
55	47	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.237	
56	48	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.718	
57	49	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.380	YZ
58	50	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.062	
59	51	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.910	
60	52	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.791	YZ
61	53	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.697	
62	54	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.361	
63	55	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.864	YZ
64	56	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.508	
65	57	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.088	
66	58	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.513	YZ
67	59	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.670	
68	60	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.376	
69	61	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.966	YZ
70	62	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.720	
71	63	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.425	
72	64	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.128	YZ
73	65	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.932	
74	66	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.110	
75	67	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.622	YZ
76	68	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.512	
77	69	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.087	
78	70	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.507	YZ
79	71	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.864	
80	72	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.360	
81	73	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.491	YZ
82	74	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.075	
83	75	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.281	
84	76	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	4.096	YZ
85	77	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.245	
86	78	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.992	
87	79	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.106	YZ
88	80	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.429	
89	81	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.639	
90	82	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.352	YZ
91	83	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.638	
92	84	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.654	
93	85	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.217	YZ
94	86	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.747	
95	87	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.160	
96	88	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.339	YZ
97	89	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.603	
98	90	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	5.608	
99	91	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.057	YZ
100	92	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	5.503	
101	93	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.250	
102	94	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.285	YZ
103	95	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.381	
104	96	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.201	
105	97	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.737	YZ
106	98	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.907	
107	99	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.108	
108	100	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.675	YZ
109	101	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	4.796	
110	102	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	5.532	
111	103	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	4.128	YZ
112	104	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.140	
113	105	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	5.251	
114	106	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.396	



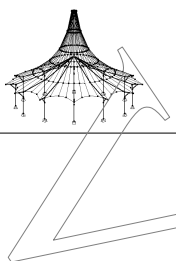
Proyecto: TFG
estructura_cupula

Modelo: CUPULA

Fecha: 02/07/2020

1.17 BARRAS

Barra número	Línea número	Barra	Giro		Descripción		Articul. número		Exc. número	Divis. número	Longitud L [m]	
			Tipo	β [°]	Inicio	Fin	Inicio	Fin				
115	107	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	4.904	
116	108	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.856	
117	109	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.046	
118	110	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.595	
119	111	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.200	
120	112	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.377	
121	113	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.287	
122	114	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.254	
123	115	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.393	
124	116	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.114	
125	117	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	6.102	
126	118	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.305	
127	119	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	4.022	
128	120	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.505	
129	121	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.351	
130	122	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.457	
131	123	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.162	
132	124	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.663	
133	125	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.641	
134	126	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.125	
135	127	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	5.647	
136	128	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.160	
137	129	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	4.744	
138	130	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.856	
139	131	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.284	
140	132	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.965	
141	133	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.458	
142	134	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.270	
143	135	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.362	
144	136	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.276	
145	137	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.245	
146	138	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	4.205	
147	139	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	5.532	
148	140	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	4.796	
149	141	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.201	
150	142	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.578	
151	143	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.063	
152	144	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.575	
153	145	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.271	YZ
154	146	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.366	YZ
155	147	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.274	YZ
156	148	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.241	YZ
157	149	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	5.529	
158	150	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.683	
159	151	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	4.987	
160	152	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.887	
161	153	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.058	
162	154	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.308	
163	155	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.719	
164	156	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.074	
165	157	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.759	
167	159	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.530	
168	160	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.043	
169	161	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	6.051	
170	162	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.472	
171	163	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.846	
172	164	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.640	
173	165	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.333	
174	166	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.445	
175	167	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.805	
176	168	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.506	
177	169	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.727	
178	170	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.808	
179	171	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.266	
180	172	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.905	
181	173	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.546	
182	174	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.590	
183	175	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.617	
184	176	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.140	
185	177	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.844	
186	178	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.598	
187	179	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.384	
188	180	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.425	
189	181	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.100	
190	182	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.982	
191	183	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.357	
192	184	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.963	
193	185	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.414	
194	186	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.186	
195	187	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.432	
196	188	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.178	
197	189	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.310	
198	190	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	5.182	
199	191	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.429	
200	192	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.682	
201	193	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.863	
202	194	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.933	
203	195	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.264	
204	196	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.234	
205	197	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.713	
206	198	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.371	
207	199	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.048	
208	200	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.239	
209	201	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.435	



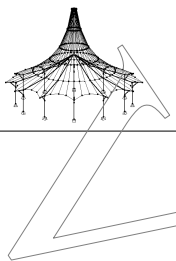
Proyecto: TFG
estructura_cupula

Modelo: CUPULA

Fecha: 02/07/2020

1.17 BARRAS

Barra nº.	Línea nº.	Barra	Giro		Descripción		Articul. nº.		Exc. nº.	Divis. nº.	Longitud L [m]	
			Tipo	β [°]	Inicio	Fin	Inicio	Fin				
210	202	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.861	
211	203	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.357	
212	204	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.631	
213	205	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.431	
214	206	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.430	
215	207	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.723	
216	208	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.967	
217	209	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.375	
218	210	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.781	
219	211	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.511	XZ
220	212	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.086	XZ
221	213	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.506	XZ
222	214	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.864	XZ
223	215	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.360	XZ
224	216	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.766	
225	217	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.514	XZ
226	218	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.088	XZ
227	219	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.508	XZ
228	220	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.865	XZ
229	221	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.361	XZ
230	222	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.375	
231	223	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.969	
232	224	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.726	
233	225	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.435	
234	226	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.234	
235	227	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.839	
236	228	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.349	
237	229	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.786	
238	230	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.807	
239	231	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.900	
240	232	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.064	
241	233	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.381	
242	234	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.718	
243	235	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.236	
244	236	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.265	
245	237	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.936	
246	238	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.870	
247	239	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.612	
248	240	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.518	
249	241	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	5.195	
250	242	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.197	
251	243	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.295	
252	244	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.746	
253	245	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.995	
254	246	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.365	
255	247	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	4.000	
256	248	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.333	
257	249	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.987	
258	250	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.102	
259	251	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.426	
260	252	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.398	
261	253	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.585	
262	254	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.806	
263	255	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.428	
264	256	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.872	
265	257	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.268	
266	258	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.888	
267	259	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.581	
268	260	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.596	
269	261	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.618	
270	262	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.006	
271	263	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.971	
272	264	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.243	
273	265	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	5.366	
274	266	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.591	
275	267	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	5.071	
276	268	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.966	
277	269	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.970	
278	270	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.384	
279	271	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.692	
280	272	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.017	
281	273	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.813	
282	274	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.625	
283	275	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.593	
284	276	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.262	
285	277	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	4.273	
286	278	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.891	
287	279	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.283	
288	280	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.264	
289	281	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.616	
290	282	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.633	
291	283	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.709	
292	284	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.307	
293	285	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.266	
294	286	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.109	
295	287	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	5.101	
296	288	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.810	
297	289	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.359	
298	290	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.881	
299	291	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.943	
300	292	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.269	
301	293	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.182	
302	294	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	4.007	
303	295	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.057	



Proyecto: TFG

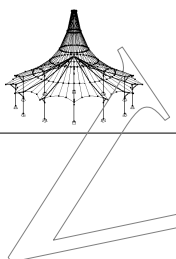
Modelo: CUPULA

Fecha: 02/07/2020

estructura_cupula

1.17 BARRAS

Barra número	Línea número	Barra	Giro		Descripción		Articul. número		Exc. número	Divis. número	Longitud L [m]	
			Tipo	β [°]	Inicio	Fin	Inicio	Fin				
304	296	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.427	
305	297	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.721	
306	298	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.967	
307	299	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.376	
308	300	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.655	
309	301	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.643	
310	302	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.049	
311	303	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.057	
312	304	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.376	
313	305	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.716	
314	306	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.235	
315	307	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.554	
316	308	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.177	
317	309	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	5.852	
318	310	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.943	
319	311	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.313	
320	312	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.116	
321	313	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.286	
322	314	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.923	
323	315	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.372	
324	316	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.755	
325	317	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.601	
326	318	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	4.194	
327	319	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	5.532	YZ
328	320	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	4.796	YZ
329	321	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.467	YZ
330	322	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.317	YZ
331	323	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.840	YZ
332	324	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.807	YZ
333	325	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.171	YZ
334	326	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.388	YZ
335	327	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.290	YZ
336	328	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.254	YZ
337	329	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.269	
338	330	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.944	
339	331	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.883	
340	332	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.362	
341	333	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.811	
342	334	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	5.091	
343	335	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.126	
344	336	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.219	
345	337	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	5.501	
346	338	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.005	
347	339	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	5.671	
348	340	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.409	
349	341	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.545	
350	342	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.007	
351	343	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.759	
352	344	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.405	
353	345	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.513	
354	346	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.648	
355	347	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.479	
356	348	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.527	
357	349	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.629	
358	350	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.612	
359	351	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.343	
360	352	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.188	
361	353	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.980	
362	354	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	4.186	
363	355	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.305	
364	356	Viga	Angulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.630	
365	357	Viga	Angulo	0.00	6	6	-	-	-	-	3.890	XY
366	358	Viga	Angulo	0.00	6	6	-	-	-	-	4.222	XY
367	359	Viga	Angulo	0.00	6	6	-	-	-	-	4.731	XY
368	360	Viga	Angulo	0.00	6	6	-	-	-	-	5.290	XY
369	361	Viga	Angulo	0.00	6	6	-	-	-	-	5.703	XY
370	362	Viga	Angulo	0.00	6	6	-	-	-	-	5.934	XY
371	363	Viga	Angulo	0.00	6	6	-	-	-	-	5.934	XY
372	364	Viga	Angulo	0.00	6	6	-	-	-	-	5.703	XY
373	365	Viga	Angulo	0.00	6	6	-	-	-	-	5.279	XY
374	366	Viga	Angulo	0.00	6	6	-	-	-	-	4.742	XY
375	367	Viga	Angulo	0.00	6	6	-	-	-	-	4.222	XY
376	368	Viga	Angulo	0.00	6	6	-	-	-	-	3.890	XY
377	369	Viga	Angulo	0.00	6	6	-	-	-	-	3.890	XY
378	370	Viga	Angulo	0.00	6	6	-	-	-	-	3.261	XY
379	371	Viga	Angulo	0.00	6	6	-	-	-	-	4.742	XY
380	372	Viga	Angulo	0.00	6	6	-	-	-	-	5.279	XY
381	373	Viga	Angulo	0.00	6	6	-	-	-	-	5.703	XY
382	374	Viga	Angulo	0.00	6	6	-	-	-	-	5.934	XY
383	375	Viga	Angulo	0.00	6	6	-	-	-	-	5.934	XY
384	376	Viga	Angulo	0.00	6	6	-	-	-	-	5.703	XY
385	377	Viga	Angulo	0.00	6	6	-	-	-	-	5.279	XY
386	378	Viga	Angulo	0.00	6	6	-	-	-	-	4.742	XY
387	379	Viga	Angulo	0.00	6	6	-	-	-	-	4.222	XY
388	380	Viga	Angulo	0.00	6	6	-	-	-	-	3.890	XY
389	381	Viga	Angulo	0.00	7	7	-	-	-	-	0.956	
390	382	Viga	Angulo	0.00	7	7	-	-	-	-	0.983	
391	383	Viga	Angulo	0.00	7	7	-	-	-	-	0.908	
392	384	Viga	Angulo	0.00	7	7	-	-	-	-	0.812	
393	385	Viga	Angulo	0.00	7	7	-	-	-	-	0.719	
394	386	Viga	Angulo	0.00	7	7	-	-	-	-	0.563	
395	387	Viga	Angulo	0.00	7	7	-	-	-	-	0.069	
396	388	Viga	Angulo	0.00	7	7	-	-	-	-	1.024	
397	389	Viga	Angulo	0.00	7	7	-	-	-	-	0.983	



Proyecto: TFG

Modelo: CUPULA

Fecha: 02/07/2020

estructura_cupula

1.17 BARRAS

Barra número	Línea número	Barra	Giro		Descripción		Articul. número		Exc. número	Divis. número	Longitud L [m]
			Tipo	β [°]	Inicio	Fin	Inicio	Fin			
398	390	Viga	Ángulo	0.00	7	7	-	-	-	-	0.908
399	391	Viga	Ángulo	0.00	7	7	-	-	-	-	0.812
400	392	Viga	Ángulo	0.00	7	7	-	-	-	-	0.719
401	393	Viga	Ángulo	0.00	7	7	-	-	-	-	0.659
402	394	Viga	Ángulo	0.00	7	7	-	-	-	-	0.096
403	395	Viga	Ángulo	0.00	7	7	-	-	-	-	0.096
404	396	Viga	Ángulo	0.00	7	7	-	-	-	-	0.659
405	397	Viga	Ángulo	0.00	7	7	-	-	-	-	0.719
406	398	Viga	Ángulo	0.00	7	7	-	-	-	-	0.812
407	399	Viga	Ángulo	0.00	7	7	-	-	-	-	0.908
408	400	Viga	Ángulo	0.00	7	7	-	-	-	-	0.983
409	401	Viga	Ángulo	0.00	7	7	-	-	-	-	0.956
410	402	Viga	Ángulo	0.00	7	7	-	-	-	-	0.563
411	403	Viga	Ángulo	0.00	7	7	-	-	-	-	0.719
412	404	Viga	Ángulo	0.00	7	7	-	-	-	-	0.812
413	405	Viga	Ángulo	0.00	7	7	-	-	-	-	0.908
414	406	Viga	Ángulo	0.00	7	7	-	-	-	-	0.983
415	407	Viga	Ángulo	0.00	7	7	-	-	-	-	1.024
416	408	Viga	Ángulo	0.00	7	7	-	-	-	-	0.069
417	409	Viga	Ángulo	0.00	1	1	-	-	-	-	8.924
418	410	Viga	Ángulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.436
419	411	Viga	Ángulo	0.00	1	1	-	-	-	-	4.466
420	412	Viga	Ángulo	0.00	1	1	-	-	-	-	3.855
421	413	Viga	Ángulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.398
422	414	Viga	Ángulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.922
423	415	Viga	Ángulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.380
424	416	Viga	Ángulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.310
425	417	Viga	Ángulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.353
426	418	Viga	Ángulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.270
427	419	Viga	Ángulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.240
428	158	Viga	Ángulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.628

2.1 CASOS DE CARGA

CC	Descripción de caso de carga	EN 1990 UNE Categoría de acción	Peso propio - Factor en dirección			
			Activo	X	Y	Z
CC1		Permanente	<input checked="" type="checkbox"/>	0.000	0.000	-1.000

2.1.1 CASOS DE CARGA - PARÁMETROS DE CÁLCULO

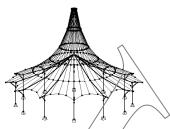
CC	Descripción de caso de carga	Parámetros de cálculo	
		Método de análisis	Método para sistema de resolución de ecuaciones algebraicas no lineales
CC1		<input checked="" type="radio"/> Análisis de grandes deformaciones <input checked="" type="radio"/> Newton-Raphson	<input checked="" type="checkbox"/> Secciones (factor para J, I _y , I _z , A, A _y , A _z) <input checked="" type="checkbox"/> Barras (factor para GJ, EI _y , EI _z , EA, GA _y , GA _z)

cc1

3.2 CARGAS EN BARRAS

CC1

Núm.	Referido a	En barras número	Tipo de carga	Distribuc. de carga	Direcc. de carg.	Long. de referencia	Parámetros de carga		
							Símb.	Valor	Ud.
1	Barras	9-53,55-102,104-141,144-165,167-364,389-427	Fuerza	Uniforme	ZL	Longitud real	p	-11.075	kN/m
2	Barras	389-415	Fuerza	Uniforme	ZL	Longitud real	p	-7.250	kN/m



Proyecto: TFG
estructura_cupula

Modelo: CUPULA

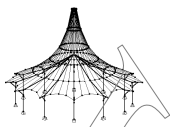
Fecha: 02/07/2020

4.0 RESULTADOS - RESUMEN

Descripción	Valor	Unidad	Comentario
CC1			
Suma de cargas en X	0.00	kN	
Suma de reacciones en apoyos en X	0.00	kN	
Suma de cargas en Y	0.00	kN	
Suma de reacciones en apoyos en Y	0.00	kN	
Suma de cargas en Z	-18955.20	kN	
Suma de reacciones en apoyos en Z	-18955.20	kN	Desviación 0.00%
Resultante de reacciones respecto a X	146.698	kNm	En el centro de gravedad del modelo (X:24.851, Y:40.256, Z:2.058 m)
Resultante de reacciones respecto a Y	128.031	kNm	En el centro de gravedad del modelo
Resultante de reacciones respecto a Z	0.000	kNm	En el centro de gravedad del modelo
Máx. desplazamiento en X	-6.6	mm	Barra núm. 317, x: 5.016 m
Máx. desplazamiento en Y	3.7	mm	Barra núm. 173, x: 1.333 m
Máx. desplazamiento en Z	-41.1	mm	Barra núm. 390, x: 0.328 m
Máx. desplazamiento del vector	41.1	mm	Barra núm. 390, x: 0.328 m
Máx. giro respecto a X	-4.1	mrاد	Barra núm. 318, x: 0.648 m
Máx. giro respecto a Y	5.7	mrاد	Barra núm. 225, x: 2.343 m
Máx. giro respecto a Z	-1.8	mrاد	Barra núm. 315, x: 2.189 m
Método de análisis	3er orden		Newton-Raphson
Reducción de rigidez			Secciones, Barras, Superficies
Considerar efecto favorable de esfuerzos de tracción	<input checked="" type="checkbox"/>		
Dividir resultados entre el factor de CO	<input type="checkbox"/>		
Número de incrementos de carga	5		
Número de iteraciones	4		
Valor máximo del elemento de la matriz de rigidez en la diagonal	1.286E+13		
Valor mínimo del elemento de la matriz de rigidez en la diagonal	1.0E+05		
Determinante de la matriz de rigidez	1.469E+100345		
Norma infinita	3.570E+13		
Resumen			
Otra configuración	Número de elementos finitos 1D	:	1831
	Número de elementos finitos 2D	:	0
	Número de elementos finitos 3D	:	0
	Número de nudos de mallas de EF	:	1791
	Número de ecuaciones	:	10746
	Número máximo de iteraciones	:	100
	Número de divisiones para resultados de barras	:	10
	División de cables/apoyos/barras de sección variable	:	10
	Número de divisiones de barra para búsqueda de valores máximos	:	10
	Subdivisiones de malla de EF para resultados gráficos	:	3
	Porcentaje de iteraciones según el método de Picard en combinación con el método de Newton-Raphson	:	5 %
Opciones	<input checked="" type="checkbox"/> Activar rigidez a cortante de barras (Ay, Az)		
	<input checked="" type="checkbox"/> Activar divisiones de barras para grandes deformaciones o análisis postcrítico		
	<input checked="" type="checkbox"/> Activar modificaciones de rigideces introducidas		
	<input type="checkbox"/> Omitir grados de libertad de giro		
	<input checked="" type="checkbox"/> Comprobación de fuerzas de barras críticas		
	<input type="checkbox"/> El solucionador directo no simétrico si lo exigiera el modelo no lineal		
	Método para el sistema de ecuaciones		<input checked="" type="radio"/> Directo <input type="radio"/> Iteración <input type="radio"/> Mindlin <input type="radio"/> Kirchhoff <input type="radio"/> 32-bit <input type="radio"/> 64-bit
	Teoría de flexión de placas		
	Versión de solucionador		
Precisión y tolerancia	<input type="checkbox"/> Cambiar configuración predeterminada		

4.1 NUDOS - ESFUERZOS EN APOYOS

Nudo núm.	CC/CO	Esfuerzos en apoyos [kN]			Momentos en apoyos [kNm]		
		P _x	P _y	P _z	M _x	M _y	M _z
16	CC1	-135.05	-1357.71	-751.07	1158.48	-121.66	26.43
29	CC1	284.14	-617.65	-359.53	545.26	255.54	4.46
50	CC1	455.77	-524.75	-357.52	461.11	404.68	3.27
51	CC1	0.00	0.00	-101.25	-78.34	38.79	0.00
52	CC1	643.26	-335.87	-476.76	262.23	643.81	8.06
60	CC1	754.21	-1.08	-477.71	-41.04	757.57	4.78
67	CC1	640.59	328.11	-431.85	-332.60	611.96	3.01
81	CC1	753.13	-0.69	-477.61	49.95	758.04	1.43
92	CC1	458.00	526.55	-361.36	-487.32	427.70	-3.13
93	CC1	141.33	689.59	-412.48	-589.92	85.86	2.81
104	CC1	0.14	706.10	-388.38	-610.17	-19.44	3.53
126	CC1	143.62	690.29	-375.74	-616.13	136.56	-5.72
138	CC1	289.56	627.67	-363.58	-570.61	267.12	-6.05
151	CC1	-143.20	684.14	-369.48	-606.20	-139.10	1.25
163	CC1	-1.67	717.45	-392.87	-630.89	14.60	-6.61
174	CC1	-394.95	1201.39	-730.97	-884.80	-268.81	7.60
193	CC1	-297.50	641.45	-439.05	-593.46	-210.19	0.20
194	CC1	-460.07	528.69	-364.48	-493.44	-434.77	2.83
212	CC1	-461.93	530.21	-381.07	-481.19	-413.10	-1.06
213	CC1	-650.95	333.75	-480.39	-261.52	-664.91	5.83
226	CC1	-650.96	338.16	-432.89	-348.43	-635.83	-2.05
232	CC1	-753.10	0.92	-479.33	44.57	-764.55	4.46
238	CC1	-766.96	-0.91	-482.40	-40.76	-785.84	-3.85
239	CC1	-632.70	-330.51	-430.05	335.89	-605.23	2.17
252	CC1	-655.63	-343.35	-482.82	271.47	-671.27	-1.34
253	CC1	-447.51	-515.67	-377.42	454.73	-387.78	1.17
270	CC1	-460.39	-531.03	-366.29	494.74	-432.72	-2.45



Proyecto: TFG
estructura_cupula

Modelo: CUPULA

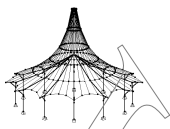
Fecha: 02/07/2020

4.1 NUDOS - ESFUERZOS EN APOYOS

Nudo número	CC/CO	Esfuerzos en apoyos [kN]			Momentos en apoyos [kNm]		
		P _x	P _y	P _z	M _x	M _y	M _z
280	CC1	-286.86	-625.68	-435.54	561.76	-194.76	1.22
301	CC1	289.96	-625.83	-438.74	556.23	186.22	0.29
309	CC1	444.35	-513.14	-376.81	454.05	382.80	0.99
316	CC1	630.63	-325.58	-429.17	335.25	596.31	3.58
323	CC1	651.42	337.11	-478.48	-262.14	662.22	-2.73
345	CC1	140.39	-1384.05	-764.10	1191.62	116.00	-12.76
346	CC1	445.01	513.88	-375.75	-453.80	387.09	2.94
364	CC1	147.52	-692.96	-414.98	592.19	86.95	-1.15
365	CC1	287.92	624.24	-435.95	-558.47	187.69	-1.05
375	CC1	0.00	0.00	-86.18	-6.62	3.21	0.00
376	CC1	1.01	-4.85	-95.75	-10.91	23.81	3.65
377	CC1	0.00	0.00	-101.16	-50.27	41.52	0.00
378	CC1	0.00	0.00	-116.72	75.73	-38.11	0.00
379	CC1	0.00	0.00	-129.53	49.06	-16.01	0.00
380	CC1	0.00	0.00	-134.48	-1.02	-6.80	0.00
381	CC1	0.00	0.00	-129.91	-50.69	-16.38	0.00
382	CC1	0.00	0.00	-116.32	-75.47	-37.92	0.00
383	CC1	0.00	0.00	-100.85	78.03	38.59	0.00
384	CC1	0.00	0.00	-100.91	48.73	40.13	0.00
385	CC1	0.00	0.00	-89.67	17.17	22.20	0.00
386	CC1	0.00	0.00	-86.65	6.68	1.52	0.00
387	CC1	0.00	0.00	-90.75	16.40	-20.32	0.00
388	CC1	0.00	0.00	-93.88	46.03	-37.99	0.00
389	CC1	0.00	0.00	-102.16	77.99	-38.55	0.00
390	CC1	0.00	0.00	-112.53	-76.48	38.19	0.00
391	CC1	0.00	0.00	-127.17	-54.18	16.87	0.00
392	CC1	0.00	0.00	-134.38	-3.09	6.79	0.00
393	CC1	0.00	0.00	-127.48	51.78	16.39	0.00
394	CC1	0.00	0.00	-113.22	76.32	38.14	0.00
395	CC1	0.00	0.00	-102.10	-77.99	-38.55	0.00
396	CC1	-354.23	-1035.88	-663.82	895.39	-25.46	-733.28
397	CC1	-48.28	-252.50	-305.74	104.45	-370.55	287.91

4.12 SECCIONES - ESFUERZOS INTERNOS

Barra núm.	CC/CO	Nudo núm.	Posición x [m]	Fuerzas [kN]			Momentos [kNm]		
				N	V _y	V _z	M _T	M _y	M _z
Sección núm. 1: Rectángulo 500/1000									
9	CC1	1	0.000	-753.04	1.00	78.51	-4.09	-304.79	-1.51
		2	0.078	-753.70	0.99	77.29	-4.09	-298.72	-1.59
10	CC1	3	0.000	-398.05	-0.81	-663.22	5.48	600.91	0.52
		4	0.255	-393.02	-0.82	-663.76	5.48	431.48	0.72
11	CC1	4	0.000	-486.21	-0.79	-598.87	5.53	431.48	-0.08
		5	0.288	-480.78	-0.81	-600.22	5.53	258.49	0.15
12	CC1	5	0.000	-552.98	-0.82	-534.45	5.51	258.49	-0.56
		6	0.378	-546.27	-0.84	-536.98	5.51	55.65	-0.25
13	CC1	6	0.000	-596.78	-0.83	-480.22	5.45	55.65	-0.79
		7	0.192	-593.56	-0.84	-481.77	5.45	-36.85	-0.63
14	CC1	7	0.000	-753.76	-0.84	-127.56	4.44	-36.85	-3.23
		8	0.611	-747.31	-0.87	-136.77	4.44	-117.70	-2.71
15	CC1	8	0.000	-756.11	-0.87	-73.99	4.20	-117.70	-3.07
		9	2.059	-737.16	-0.93	-106.06	4.21	-303.35	-1.20
16	CC1	9	0.000	-741.16	-0.92	-73.04	4.15	-303.35	-1.38
		10	0.049	-740.75	-0.92	-73.81	4.15	-306.94	-1.34
17	CC1	10	0.000	-740.56	-0.93	75.73	3.80	-306.94	-2.14
		11	3.854	-721.06	-0.95	8.79	3.80	-143.44	1.54
18	CC1	11	0.000	-715.98	-0.95	85.88	3.95	-143.44	1.13
		12	4.903	-700.97	-0.82	-3.86	3.95	58.72	5.51
19	CC1	12	0.000	-699.39	-0.82	47.28	4.34	58.72	5.21
		13	0.537	-698.47	-0.79	37.25	4.34	81.45	5.64
20	CC1	13	0.000	-697.68	-0.80	49.85	4.44	81.45	5.56
		14	5.109	-690.51	-0.52	-46.29	4.49	90.59	8.93
21	CC1	14	0.000	-692.01	6.24	-5.60	5.89	90.53	8.66
		15	3.256	-690.88	6.11	-66.44	5.90	-27.05	-11.65
22	CC1	16	0.000	-399.96	-0.39	-667.86	2.98	589.45	2.13
		17	0.234	-395.35	-0.39	-668.36	2.98	432.81	2.21
23	CC1	17	0.000	-490.61	-0.40	-601.92	3.28	432.81	1.74
		18	0.267	-485.59	-0.40	-603.20	3.28	272.15	1.85
24	CC1	18	0.000	-558.23	-0.40	-536.68	3.49	272.15	1.41
		19	0.355	-551.93	-0.41	-539.10	3.49	80.98	1.56
25	CC1	19	0.000	-601.59	-0.40	-483.06	3.62	80.98	1.21
		20	0.317	-596.30	-0.41	-485.63	3.62	-72.50	1.34
26	CC1	20	0.000	-761.09	-0.41	-110.21	3.79	-72.50	-0.71
		21	0.471	-756.33	-0.42	-117.41	3.80	-126.10	-0.52
27	CC1	21	0.000	-762.62	-0.42	-64.97	3.75	-126.10	-0.78
		22	2.162	-743.18	-0.44	-98.87	3.75	-303.50	0.17
28	CC1	22	0.000	-747.07	-0.44	63.11	3.70	-303.50	-0.64
		23	1.304	-740.06	-0.44	40.81	3.70	-235.70	-0.05
29	CC1	23	0.000	-739.13	-0.44	55.12	3.70	-235.70	-0.12
		24	2.474	-726.80	-0.44	11.99	3.70	-152.51	0.99
30	CC1	24	0.000	-721.12	-0.44	91.49	3.78	-152.51	0.58
		25	4.796	-706.94	-0.40	3.59	3.79	76.67	2.61
31	CC1	25	0.000	-704.71	-0.40	56.33	3.97	76.67	2.32
		26	5.532	-695.85	-0.30	-47.84	4.00	100.30	4.24
32	CC1	26	0.000	-697.48	-0.30	3.66	4.30	100.30	3.93
		27	4.275	-696.32	-0.22	-76.24	4.31	-55.48	5.03
33	CC1	27	0.000	-174.42	616.69	-282.74	-35.76	-29.77	-30.94
		28	0.082	-173.34	616.70	-283.76	-35.76	-53.09	-81.72
34	CC1	29	0.000	-478.40	-0.68	-593.68	4.75	602.42	0.88
		30	0.644	-466.15	-0.71	-596.58	4.75	218.73	1.31
35	CC1	30	0.000	-644.33	-0.71	-397.54	4.91	218.73	-0.42



Proyecto: TFG

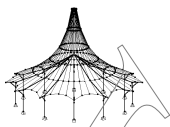
Modelo: CUPULA

Fecha: 02/07/2020

estructura_cupula

4.12 SECCIONES - ESFUERZOS INTERNOS

Barra número	CC/CO	Nudo número	Posición x [m]	Fuerzas [kN]			Momentos [kNm]		
				N	V _y	V _z	M _T	M _y	M _z
35	CC1	31	0.605	-634.74	-0.73	-403.66	4.91	-23.76	0.01
36	CC1	31	0.000	-706.45	-0.73	-258.40	4.80	-23.76	-1.04
		32	0.236	-703.35	-0.73	-261.43	4.80	-85.01	-0.87
37	CC1	32	0.000	-746.00	-0.74	-80.75	4.44	-85.01	-2.02
		33	1.466	-731.97	-0.77	-103.48	4.44	-220.19	-0.90
38	CC1	33	0.000	-739.25	-0.77	-1.61	4.27	-220.19	-1.50
		34	2.367	-721.98	-0.79	-40.61	4.28	-270.24	0.38
39	CC1	34	0.000	-722.84	-0.79	20.33	4.29	-270.24	0.02
		35	0.425	-720.35	-0.79	13.12	4.29	-263.14	0.36
40	CC1	35	0.000	-715.06	-0.79	88.18	4.31	-263.14	-0.09
		36	4.149	-698.62	-0.75	14.19	4.30	-49.89	3.17
41	CC1	36	0.000	-697.06	-0.75	48.84	4.45	-49.89	2.95
		37	1.175	-693.51	-0.72	27.38	4.45	-5.07	3.82
42	CC1	37	0.000	-690.07	-0.72	74.23	4.70	-5.07	3.51
		38	6.098	-679.21	-0.50	-40.01	4.74	100.08	7.24
43	CC1	38	0.000	-680.38	-0.50	-2.70	5.13	100.08	6.97
		39	0.306	-680.14	-0.48	-8.46	5.13	98.37	7.12
44	CC1	39	0.000	-679.95	7.49	16.57	6.54	98.30	6.93
		40	2.378	-679.66	7.40	-28.14	6.54	84.53	-10.88
45	CC1	41	0.000	-695.06	15.21	-21.55	10.54	252.48	6.20
		42	0.728	-695.14	15.23	-35.50	10.54	231.70	-4.92
46	CC1	42	0.000	-696.18	-0.37	-6.12	5.13	231.88	-5.09
		43	2.083	-698.01	-0.42	-45.81	5.11	177.72	-4.30
47	CC1	43	0.000	-699.38	-0.42	-13.96	4.91	177.72	-4.53
		44	3.102	-704.64	-0.50	-72.26	4.89	43.67	-3.12
48	CC1	44	0.000	-707.90	-0.50	-25.00	4.67	43.67	-3.44
		45	4.273	-720.54	-0.57	-102.66	4.68	-230.21	-1.14
49	CC1	45	0.000	-725.36	-0.57	-59.75	4.60	-230.21	-1.41
		46	0.098	-725.76	-0.57	-61.47	4.60	-236.15	-1.35
50	CC1	46	0.000	-728.32	-0.57	6.99	4.46	-236.15	-1.78
		47	3.005	-745.63	-0.58	-44.17	4.46	-292.18	-0.01
51	CC1	47	0.000	-744.29	-0.58	62.86	4.42	-292.18	-0.65
		48	2.116	-761.66	-0.57	28.96	4.42	-194.92	0.59
52	CC1	48	0.000	-730.07	-0.57	218.98	4.42	-194.92	-0.54
		49	1.435	-747.49	-0.55	199.00	4.42	105.30	0.27
53	CC1	49	0.000	-562.08	-0.55	531.43	4.01	105.30	-1.88
		50	0.962	-579.43	-0.53	524.46	4.01	613.50	-1.38
54	CC1	50	0.000	0.14	-0.00	0.04	0.00	0.00	0.00
		51	0.040	-0.14	-0.00	-0.04	0.00	0.00	0.00
55	CC1	52	0.000	-621.61	-1.91	-538.74	6.82	706.77	-4.75
		53	1.237	-599.30	-2.01	-547.91	6.80	34.42	-2.35
56	CC1	53	0.000	-790.22	-2.01	-186.87	4.79	34.42	-5.36
		54	1.718	-769.89	-2.10	-210.72	4.80	-307.55	-1.81
57	CC1	54	0.000	-798.21	-2.10	-2.03	4.16	-307.55	-3.00
		55	2.380	-779.80	-2.12	-40.10	4.16	-357.76	2.09
58	CC1	55	0.000	-776.59	-2.12	81.35	4.44	-357.76	1.42
		56	3.062	-761.14	-1.98	28.69	4.40	-188.84	7.78
59	CC1	56	0.000	-753.58	-1.98	110.77	5.22	-188.84	7.26
		57	2.910	-744.79	-1.69	57.83	5.20	57.09	12.63
60	CC1	57	0.000	-742.77	-1.69	79.70	5.57	57.09	12.47
		58	0.791	-740.84	-1.59	64.96	5.58	114.34	13.76
61	CC1	58	0.000	-732.56	9.30	127.81	8.45	114.22	13.33
		59	3.697	-729.50	9.13	56.38	8.36	455.87	-21.28
62	CC1	60	0.000	-653.95	-1.08	-555.35	5.01	754.22	-0.30
		61	1.361	-629.41	-1.13	-565.58	5.01	-8.95	1.18
63	CC1	61	0.000	-826.20	-1.13	-182.82	4.95	-8.95	-1.43
		62	1.864	-804.46	-1.17	-208.60	4.95	-374.34	0.74
64	CC1	62	0.000	-830.95	-1.17	13.57	4.96	-374.34	-0.61
		63	2.508	-812.17	-1.16	-26.40	4.96	-390.43	2.38
65	CC1	63	0.000	-805.83	-1.16	104.72	5.27	-390.43	1.55
		64	3.088	-791.39	-1.05	51.33	5.25	-148.84	5.03
66	CC1	64	0.000	-780.25	-1.05	141.91	5.79	-148.84	4.40
		65	3.513	-771.57	-0.84	76.68	5.81	236.35	7.73
67	CC1	65	0.000	-760.82	6.11	149.36	8.69	236.28	7.24
		66	2.670	-759.20	6.07	96.96	8.67	565.74	-9.24
68	CC1	67	0.000	-635.66	-0.71	-514.48	3.50	690.36	0.56
		68	1.376	-611.26	-0.73	-525.29	3.50	-25.37	1.53
69	CC1	68	0.000	-791.95	-0.73	-149.56	3.80	-25.37	-0.42
		69	1.966	-769.98	-0.75	-177.60	3.80	-347.40	1.05
70	CC1	69	0.000	-789.79	-0.75	25.20	3.94	-347.40	0.04
		70	2.720	-770.48	-0.73	-19.05	3.93	-339.00	2.09
71	CC1	70	0.000	-764.66	-0.73	96.43	4.20	-339.00	1.48
		71	3.425	-749.44	-0.64	36.49	4.18	-110.65	3.87
72	CC1	71	0.000	-741.49	-0.64	114.82	4.56	-110.65	3.41
		72	0.128	-741.16	-0.64	112.49	4.56	-96.04	3.49
73	CC1	72	0.000	-737.81	-0.64	132.74	4.66	-96.04	3.37
		73	3.932	-730.21	-0.48	58.98	4.68	282.26	5.56
74	CC1	73	0.000	-722.57	20.37	119.04	13.30	281.99	5.38
		74	2.110	-721.84	20.04	77.81	13.15	489.91	-37.55
75	CC1	75	0.000	-758.03	9.65	-97.91	-2.82	560.68	18.72
		76	2.622	-759.59	9.76	-149.35	-2.74	235.92	-6.84
76	CC1	76	0.000	-770.43	-0.58	-76.28	-6.59	235.86	-6.10
		77	3.512	-779.11	-0.80	-141.49	-6.60	-147.77	-3.62
77	CC1	77	0.000	-790.21	-0.80	-51.05	-6.97	-147.77	-2.84
		78	3.087	-804.65	-0.87	-104.43	-6.96	-388.41	-0.28
78	CC1	78	0.000	-810.96	-0.87	26.49	-6.91	-388.41	0.84
		79	2.507	-829.74	-0.84	-13.49	-6.93	-372.11	2.94
79	CC1	79	0.000	-803.26	-0.84	208.35	-5.90	-372.11	4.68
		80	1.864	-825.01	-0.77	182.57	-5.92	-7.27	6.17
80	CC1	80	0.000	-628.49	-0.77	564.78	-2.12	-7.27	8.28
		81	1.360	-653.03	-0.69	554.54	-2.07	754.60	9.29
81	CC1	82	0.000	-690.30	-102.24	-30.12	-37.93	238.33	-45.70
		83	0.491	-690.26	-102.33	-39.54	-37.95	221.21	4.63
82	CC1	83	0.000	-698.91	0.35	-3.99	-4.75	224.39	4.89



Proyecto: TFG

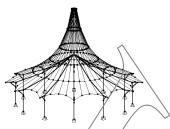
Modelo: CUPULA

Fecha: 02/07/2020

estructura_cupula

4.12 SECCIONES - ESFUERZOS INTERNOS

Barra número	CC/CO	Nudo número	Posición x [m]	Fuerzas [kN]			Momentos [kNm]		
				N	V _y	V _z	M _T	M _y	M _z
82	CC1	84	2.075	-700.74	0.40	-43.51	-4.73	175.03	4.13
83	CC1	84	0.000	-702.00	0.40	-11.56	-4.53	175.03	4.34
		85	3.281	-707.57	0.48	-73.20	-4.52	35.61	2.92
84	CC1	85	0.000	-710.88	0.48	-25.71	-4.31	35.61	3.21
		86	4.096	-723.00	0.54	-100.13	-4.32	-223.16	1.10
85	CC1	86	0.000	-727.67	0.54	-57.11	-4.24	-223.16	1.35
		87	0.245	-728.67	0.54	-61.41	-4.25	-237.71	1.22
86	CC1	87	0.000	-731.21	0.54	7.35	-4.11	-237.71	1.61
		88	2.992	-748.46	0.55	-43.56	-4.12	-292.03	-0.07
87	CC1	88	0.000	-746.99	0.55	63.90	-4.09	-292.03	0.52
		89	2.106	-764.29	0.54	30.15	-4.09	-192.83	-0.65
88	CC1	89	0.000	-732.31	0.54	220.83	-4.12	-192.83	0.39
		90	1.429	-749.67	0.52	200.93	-4.12	108.85	-0.37
89	CC1	90	0.000	-563.09	0.52	534.14	-3.80	108.85	1.64
		91	0.639	-574.52	0.51	529.62	-3.79	448.71	1.32
90	CC1	91	0.000	-537.10	0.51	567.53	-3.69	448.71	1.58
		92	0.352	-543.75	0.50	565.29	-3.69	648.39	1.40
91	CC1	93	0.000	-494.56	-0.51	-610.31	3.18	582.80	1.30
		94	0.638	-482.48	-0.52	-613.32	3.18	192.39	1.62
92	CC1	94	0.000	-670.12	-0.52	-399.86	3.55	192.39	0.38
		95	0.654	-659.94	-0.53	-406.67	3.55	-71.58	0.72
93	CC1	95	0.000	-741.91	-0.53	-224.66	3.62	-71.58	-0.21
		96	0.217	-739.25	-0.53	-227.62	3.62	-120.68	-0.10
94	CC1	96	0.000	-771.65	-0.53	-53.49	3.50	-120.68	-0.92
		97	1.747	-756.28	-0.55	-81.21	3.50	-238.46	0.04
95	CC1	97	0.000	-760.59	-0.55	7.91	3.48	-238.46	-0.37
		98	2.160	-745.83	-0.55	-28.02	3.48	-260.19	0.85
96	CC1	98	0.000	-743.30	-0.55	67.57	3.56	-260.19	0.39
		99	1.339	-737.14	-0.54	44.20	3.56	-185.26	1.14
97	CC1	99	0.000	-733.95	-0.55	81.56	3.61	-185.26	0.96
		100	3.603	-720.88	-0.49	16.62	3.61	-7.83	2.85
98	CC1	100	0.000	-717.39	-0.49	72.69	3.82	-7.83	2.56
		101	5.608	-705.13	-0.35	-32.08	3.84	106.83	4.92
99	CC1	101	0.000	-705.71	-0.35	-14.08	3.97	106.83	4.83
		102	0.057	-705.61	-0.35	-15.16	3.97	105.99	4.84
100	CC1	102	0.000	-705.28	1.81	26.56	4.57	105.97	4.61
		103	5.503	-701.60	1.67	-76.70	4.58	-32.92	-5.28
101	CC1	104	0.000	-397.70	-0.53	-676.81	3.68	606.68	1.70
		105	0.250	-392.77	-0.54	-677.36	3.68	437.39	1.83
102	CC1	105	0.000	-489.37	-0.55	-611.22	3.91	437.39	1.26
		106	0.285	-484.00	-0.55	-612.59	3.91	263.00	1.41
103	CC1	106	0.000	-557.83	-0.55	-546.21	4.06	263.00	0.90
		107	0.381	-555.04	-0.56	-547.32	4.06	54.45	1.11
104	CC1	107	0.000	-605.48	-0.56	-490.93	4.15	54.45	0.71
		108	0.201	-602.12	-0.57	-492.57	4.15	-44.62	0.83
105	CC1	108	0.000	-769.62	-0.56	-113.36	3.98	-44.62	-1.42
		109	0.737	-762.16	-0.58	-124.64	3.99	-132.35	-1.00
106	CC1	109	0.000	-768.95	-0.58	-71.68	3.91	-132.35	-1.27
		110	1.907	-751.80	-0.61	-101.56	3.91	-297.78	-0.12
107	CC1	110	0.000	-756.06	-0.61	62.31	3.79	-297.78	-0.96
		111	2.108	-744.75	-0.62	26.14	3.79	-204.42	0.36
108	CC1	111	0.000	-744.10	-0.62	40.67	3.80	-204.42	0.28
		112	1.675	-735.77	-0.61	-11.45	3.80	-160.73	1.32
109	CC1	112	0.000	-730.09	-0.61	91.93	3.92	-160.73	0.90
		113	4.796	-715.89	-0.53	4.12	3.92	70.80	3.67
110	CC1	113	0.000	-713.59	-0.53	57.52	4.18	70.80	3.37
		114	5.532	-704.73	-0.36	-46.63	4.22	101.09	5.83
111	CC1	114	0.000	-706.26	1.41	-4.00	4.82	101.08	5.57
		115	4.128	-704.11	1.42	-81.02	4.83	-75.09	-0.38
112	CC1	116	0.000	-703.99	-7.69	63.00	-6.02	-20.32	-15.40
		117	3.140	-705.07	-7.86	4.33	-6.02	85.64	9.25
113	CC1	117	0.000	-703.64	0.53	45.70	4.45	85.71	9.50
		118	5.251	-710.99	0.85	-53.06	-4.40	66.28	5.87
114	CC1	118	0.000	-711.84	0.85	-40.13	-4.29	66.28	5.95
		119	0.396	-712.52	0.87	-47.51	-4.29	48.91	5.61
115	CC1	119	0.000	-714.09	0.87	4.56	-3.87	48.91	5.91
		120	4.904	-729.12	1.01	-85.10	-3.86	-149.66	1.23
116	CC1	120	0.000	-734.04	1.01	-6.63	-3.71	-149.66	1.63
		1	3.856	-753.54	0.99	-73.53	-3.71	-304.79	-2.30
117	CC1	2	0.000	-749.48	0.99	110.94	-4.16	-298.72	-1.41
		121	2.046	-768.31	0.92	79.05	-4.15	-104.11	-3.39
118	CC1	121	0.000	-759.03	0.92	142.90	-4.42	-104.11	-3.03
		122	0.595	-765.31	0.90	133.92	-4.42	-21.65	-3.58
119	CC1	122	0.000	-600.58	0.90	492.89	-5.61	-21.65	-0.94
		123	0.200	-603.93	0.89	491.26	-5.61	76.79	-1.12
120	CC1	123	0.000	-552.28	0.89	548.70	-5.69	76.79	-0.56
		124	0.377	-558.97	0.87	546.16	-5.69	283.13	-0.89
121	CC1	124	0.000	-485.24	0.86	612.61	-5.76	283.13	-0.16
		125	0.287	-490.66	0.85	611.25	-5.76	458.97	-0.40
122	CC1	125	0.000	-395.61	0.85	676.66	-5.75	458.97	0.45
		126	0.254	-400.64	0.84	676.10	-5.75	631.01	0.24
123	CC1	127	0.000	-690.90	-16.01	24.63	-7.87	87.15	-28.91
		128	2.393	-691.19	-16.28	-20.38	-7.89	92.25	9.95
124	CC1	128	0.000	-691.67	0.64	4.70	-5.27	92.42	10.13
		129	0.114	-691.76	0.65	2.55	-5.27	92.83	10.06
125	CC1	129	0.000	-690.58	0.65	40.45	-4.71	92.83	10.33
		130	6.102	-701.45	1.02	-73.80	-4.66	-9.70	5.17
126	CC1	130	0.000	-704.84	1.02	-26.21	-4.30	-9.70	5.47
		131	1.305	-708.78	1.07	-50.03	-4.30	-59.49	4.10
127	CC1	131	0.000	-710.39	1.07	-14.71	-4.09	-59.49	4.31
		132	4.022	-726.33	1.14	-86.33	-4.10	-263.47	-0.22
128	CC1	132	0.000	-731.37	1.14	-10.16	-4.10	-263.47	0.21
		133	0.505	-734.33	1.14	-18.73	-4.10	-270.78	-0.38
129	CC1	133	0.000	-733.29	1.14	43.25	-4.12	-270.78	-0.03



Proyecto: TFG

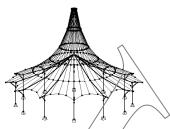
Modelo: CUPULA

Fecha: 02/07/2020

estructura_cupula

4.12 SECCIONES - ESFUERZOS INTERNOS

Barra número	CC/CO	Nudo número	Posición x [m]	Fuerzas [kN]			Momentos [kNm]		
				N	V _y	V _z	M _T	M _y	M _z
129	CC1	134	2.351	-750.45	1.10	4.52	-4.11	-214.53	-2.70
130	CC1	134	0.000	-742.66	1.10	107.99	-4.44	-214.53	-2.11
		135	1.457	-756.61	1.04	85.37	-4.44	-73.49	-3.68
131	CC1	135	0.000	-712.47	1.05	268.58	-5.20	-73.49	-2.48
		136	0.162	-714.61	1.04	266.49	-5.20	-30.09	-2.65
132	CC1	136	0.000	-641.08	1.04	413.16	-5.65	-30.09	-1.48
		137	0.663	-651.60	1.00	406.44	-5.65	241.92	-2.15
133	CC1	137	0.000	-469.89	1.00	607.44	-6.05	241.92	-0.05
		138	0.641	-482.11	0.97	604.52	-6.05	630.31	-0.66
134	CC1	139	0.000	-697.94	-5.64	63.67	4.02	-21.64	-19.37
		140	3.125	-698.96	-5.87	5.28	4.01	86.37	-1.26
135	CC1	140	0.000	-697.42	-0.18	46.98	4.63	86.33	-1.55
		141	5.647	-705.32	-0.14	-59.21	4.62	51.58	-0.69
136	CC1	141	0.000	-707.76	-0.14	-7.39	4.55	51.58	-1.03
		142	0.160	-708.20	-0.14	-10.35	4.55	50.16	-1.01
137	CC1	142	0.000	-708.27	-0.14	2.31	4.54	50.16	-1.09
		143	4.744	-722.81	-0.13	-84.44	4.54	-145.67	-0.46
138	CC1	143	0.000	-727.70	-0.13	-6.65	4.46	-145.67	-0.94
		144	3.856	-747.20	-0.14	-73.61	4.47	-301.00	-0.38
139	CC1	144	0.000	-746.84	-0.14	77.15	4.30	-301.00	-1.27
		145	0.284	-749.24	-0.14	72.68	4.30	-279.71	-1.22
140	CC1	145	0.000	-745.23	-0.14	106.15	4.24	-279.71	-1.41
		146	1.965	-763.33	-0.15	75.46	4.25	-101.03	-1.11
141	CC1	146	0.000	-754.37	-0.15	138.92	4.14	-101.03	-1.46
		147	0.458	-759.20	-0.15	132.02	4.14	-38.97	-1.39
142	CC1	147	0.000	-596.20	-0.15	488.22	2.92	-38.97	-3.25
		148	0.270	-598.03	-0.16	487.32	2.92	92.70	-3.20
143	CC1	148	0.000	-546.80	-0.15	544.19	2.59	92.70	-3.48
		149	0.362	-549.47	-0.15	543.13	2.59	289.38	-3.42
144	CC1	149	0.000	-476.19	-0.16	608.40	2.13	289.38	-3.72
		150	0.276	-481.41	-0.16	607.09	2.13	457.40	-3.68
145	CC1	150	0.000	-387.07	-0.15	671.19	1.56	457.40	-3.96
		151	0.245	-391.91	-0.15	670.66	1.56	621.80	-3.93
146	CC1	152	0.000	-715.41	-6.27	81.19	-5.57	-74.25	-16.49
		153	4.205	-717.62	-6.49	2.70	-5.56	102.86	10.78
147	CC1	153	0.000	-716.19	0.61	45.79	-3.89	102.92	11.00
		154	5.532	-725.05	1.03	-58.38	-3.82	67.86	6.42
148	CC1	154	0.000	-727.39	1.03	-4.12	-3.33	67.86	6.68
		155	4.796	-741.59	1.20	-91.89	-3.33	-163.62	1.24
149	CC1	155	0.000	-747.19	1.20	-10.16	-3.18	-163.62	1.60
		156	2.201	-758.16	1.20	-48.49	-3.18	-228.29	-1.07
150	CC1	156	0.000	-758.97	1.20	-33.58	-3.20	-228.29	-1.01
		157	1.578	-767.46	1.17	-60.57	-3.19	-302.68	-2.91
151	CC1	157	0.000	-762.56	1.17	105.68	-3.74	-302.68	-2.15
		158	2.063	-781.12	1.09	73.35	-3.72	-117.76	-4.51
152	CC1	158	0.000	-774.17	1.09	127.24	-4.03	-117.76	-4.25
		159	0.575	-780.00	1.06	118.43	-4.03	-47.08	-4.86
153	CC1	159	0.000	-608.52	1.05	502.12	-5.95	-47.08	-2.11
		160	0.271	-613.05	1.04	499.92	-5.95	88.59	-2.39
154	CC1	160	0.000	-561.69	1.04	557.00	-6.16	88.59	-1.80
		161	0.366	-568.19	1.02	554.50	-6.16	291.85	-2.17
155	CC1	161	0.000	-493.24	1.01	622.12	-6.38	291.85	-1.37
		162	0.274	-498.41	0.99	620.79	-6.39	462.12	-1.64
156	CC1	162	0.000	-400.31	1.01	688.15	-6.56	462.12	-0.68
		163	0.241	-405.08	0.99	687.62	-6.56	627.70	-0.91
157	CC1	164	0.000	-640.08	0.18	84.22	-1.79	-58.69	2.48
		165	5.529	-643.79	0.17	-19.36	-1.78	121.70	1.50
158	CC1	165	0.000	-643.81	0.17	18.75	-1.69	121.70	1.60
		166	0.683	-645.00	0.17	5.94	-1.69	130.13	1.49
159	CC1	166	0.000	-644.63	0.17	22.67	-1.65	130.13	1.53
		167	4.987	-655.57	0.14	-70.51	-1.64	10.25	0.76
160	CC1	167	0.000	-659.07	0.14	-19.31	-1.58	10.25	0.89
		168	3.887	-673.20	0.12	-89.47	-1.58	-201.90	0.38
161	CC1	168	0.000	-676.90	0.12	-54.84	-1.56	-201.90	0.46
		169	1.058	-681.79	0.11	-73.31	-1.56	-269.73	0.34
162	CC1	169	0.000	-685.57	0.11	14.32	-1.50	-269.73	0.53
		170	2.308	-701.39	0.09	-24.04	-1.51	-280.97	0.29
163	CC1	170	0.000	-699.35	0.09	58.63	-1.46	-280.97	0.47
		171	1.719	-714.52	0.07	31.58	-1.46	-203.37	0.32
164	CC1	171	0.000	-688.50	0.07	193.65	-1.35	-203.37	0.65
		172	0.074	-689.41	0.07	192.66	-1.35	-189.07	0.64
165	CC1	172	0.000	-617.73	0.07	361.69	-1.14	-189.07	0.96
		173	0.759	-629.43	0.07	353.99	-1.15	82.71	0.91
167	CC1	75	0.000	-629.64	-10.34	34.18	6.49	61.70	-24.13
		175	2.530	-629.87	-10.52	-13.27	6.46	88.20	2.37
168	CC1	175	0.000	-629.72	-0.07	22.00	8.04	88.08	1.91
		176	0.043	-629.77	-0.07	21.18	8.04	89.01	1.92
169	CC1	176	0.000	-628.55	-0.07	44.52	8.11	89.01	1.62
		177	6.051	-639.35	0.09	-68.76	8.12	15.18	1.40
170	CC1	177	0.000	-642.53	0.09	-25.33	8.20	15.18	0.85
		178	1.472	-646.98	0.11	-52.27	8.20	-41.98	0.70
171	CC1	178	0.000	-648.77	0.11	-20.18	8.22	-41.98	0.29
		179	3.846	-663.99	0.09	-88.89	8.22	-252.40	-0.06
172	CC1	179	0.000	-669.64	0.09	-19.10	8.17	-252.40	-0.91
		180	0.640	-673.39	0.08	-30.00	8.17	-268.12	-0.95
173	CC1	180	0.000	-673.52	0.08	26.74	8.06	-268.12	-1.63
		181	2.333	-690.56	0.03	-11.71	8.07	-250.58	-1.71
174	CC1	181	0.000	-685.60	0.02	83.50	7.76	-250.58	-2.80
		182	1.445	-699.42	-0.02	61.22	7.77	-145.95	-2.78
175	CC1	182	0.000	-600.19	79.86	355.43	-4.34	-145.80	9.67
		173	0.805	-612.75	79.68	347.31	-4.35	137.30	-54.63
176	CC1	183	0.000	-704.03	-66.05	15.45	-13.79	105.44	-33.91
		184	0.506	-704.00	-66.14	5.91	-13.80	110.85	-0.42
177	CC1	184	0.000	-706.07	0.06	38.69	-3.38	111.66	-0.25



Proyecto: TFG

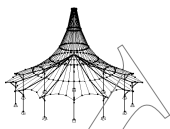
Modelo: CUPULA

Fecha: 02/07/2020

estructura_cupula

4.12 SECCIONES - ESFUERZOS INTERNOS

Barra número	CC/CO	Nudo número	Posición x [m]	Fuerzas [kN]			Momentos [kNm]		
				N	V _y	V _z	M _T	M _y	M _z
177	CC1	185	2.727	-708.27	0.00	-12.84	-3.38	146.98	-0.31
178	CC1	185	0.000	-708.18	0.00	16.99	-3.39	146.98	-0.17
		186	3.808	-714.06	-0.05	-54.72	-3.39	74.90	-0.06
179	CC1	186	0.000	-716.04	-0.05	-12.90	-3.39	74.90	0.14
		187	3.266	-724.56	-0.07	-73.12	-3.39	-65.96	0.35
180	CC1	187	0.000	-727.73	-0.07	-27.27	-3.36	-65.96	0.56
		188	2.905	-738.77	-0.06	-79.13	-3.36	-220.84	0.74
181	CC1	188	0.000	-742.76	-0.06	-18.85	-3.29	-220.84	1.01
		189	1.546	-750.94	-0.05	-45.42	-3.29	-270.57	1.09
182	CC1	189	0.000	-751.03	-0.05	43.94	-3.14	-270.57	1.48
		190	2.590	-770.07	-0.02	1.36	-3.15	-211.81	1.56
183	CC1	190	0.000	-749.86	-0.02	175.24	-2.72	-211.81	2.23
		191	1.617	-767.65	0.00	151.43	-2.72	52.54	2.25
184	CC1	191	0.000	-593.45	0.01	509.94	-1.26	52.54	3.29
		192	0.140	-595.84	0.01	508.86	-1.26	123.85	3.29
185	CC1	192	0.000	-540.52	0.00	567.28	-0.92	123.85	3.41
		193	0.844	-556.01	0.02	561.83	-0.91	600.84	3.40
186	CC1	194	0.000	-545.17	-0.44	-567.96	3.75	657.65	2.64
		195	0.598	-533.96	-0.45	-571.70	3.76	316.46	2.89
187	CC1	195	0.000	-571.66	-0.44	-534.00	3.95	316.46	2.63
		196	0.384	-564.84	-0.45	-536.66	3.95	110.91	2.80
188	CC1	196	0.000	-752.40	-0.45	-202.32	4.81	110.91	0.58
		197	1.425	-735.10	-0.46	-222.16	4.81	-191.78	1.23
189	CC1	197	0.000	-767.32	-0.46	-30.73	4.96	-191.78	-0.01
		198	2.100	-750.08	-0.47	-64.38	4.96	-291.77	0.99
190	CC1	198	0.000	-751.58	-0.47	43.54	5.05	-291.77	0.27
		199	2.982	-734.39	-0.46	-7.20	5.04	-237.42	1.69
191	CC1	199	0.000	-731.82	-0.45	61.87	5.18	-237.42	1.21
		200	0.357	-730.36	-0.45	55.59	5.18	-216.42	1.38
192	CC1	200	0.000	-725.78	-0.45	98.78	5.25	-216.42	1.07
		201	3.963	-714.05	-0.41	26.77	5.25	33.31	2.79
193	CC1	201	0.000	-710.66	-0.41	74.47	5.42	33.31	2.44
		202	3.414	-704.86	-0.36	10.32	5.44	178.44	3.72
194	CC1	202	0.000	-703.66	-0.36	42.40	5.60	178.44	3.46
		203	2.186	-701.73	-0.32	0.74	5.62	225.67	4.18
195	CC1	203	0.000	-698.60	8.27	65.62	8.74	225.58	3.52
		204	0.432	-698.97	8.27	57.35	8.75	252.19	-0.06
196	CC1	204	0.000	-703.31	-14.15	-25.40	-8.32	301.05	-29.60
		205	2.178	-703.52	-14.47	-67.20	-8.41	200.07	1.75
197	CC1	205	0.000	-705.85	0.14	-37.90	-4.18	200.20	1.89
		206	0.310	-706.12	0.14	-43.79	-4.18	187.53	1.84
198	CC1	206	0.000	-707.48	0.14	1.56	-4.05	187.53	2.11
		207	5.182	-718.06	0.17	-95.44	-4.04	-57.15	1.33
199	CC1	207	0.000	-723.41	0.17	-37.32	-3.92	-57.15	1.65
		208	2.429	-732.05	0.19	-80.88	-3.92	-200.98	1.19
200	CC1	208	0.000	-735.38	0.19	-40.66	-3.85	-200.98	1.40
		209	1.682	-743.10	0.21	-69.91	-3.86	-294.09	1.05
201	CC1	209	0.000	-745.86	0.21	27.99	-3.69	-294.09	1.54
		210	2.863	-765.61	0.23	-19.33	-3.70	-281.70	0.88
202	CC1	210	0.000	-748.39	0.23	162.58	-3.38	-281.69	1.73
		211	1.933	-769.17	0.24	134.07	-3.39	5.37	1.26
203	CC1	211	0.000	-598.05	0.24	501.92	-2.30	5.37	2.79
		212	1.264	-620.13	0.25	491.43	-2.29	633.37	2.49
204	CC1	213	0.000	-623.12	-1.26	-544.63	5.96	725.68	-0.74
		214	1.234	-600.81	-1.32	-553.82	5.96	47.25	0.82
205	CC1	214	0.000	-794.38	-1.32	-191.42	5.60	47.25	-2.18
		215	1.713	-774.08	-1.37	-215.23	5.61	-301.58	0.14
206	CC1	215	0.000	-803.43	-1.37	-5.10	5.45	-301.58	-1.33
		216	2.371	-785.08	-1.37	-43.02	5.44	-358.70	1.98
207	CC1	216	0.000	-782.23	-1.37	79.50	5.68	-358.70	1.11
		217	3.048	-766.84	-1.28	27.12	5.66	-195.76	5.23
208	CC1	217	0.000	-759.39	-1.28	110.02	6.19	-195.76	4.58
		218	3.239	-749.61	-1.08	51.06	6.18	65.87	8.45
209	CC1	218	0.000	-747.82	-1.08	72.79	6.43	65.87	8.26
		219	0.435	-746.75	-1.05	64.69	6.43	95.79	8.73
210	CC1	219	0.000	-738.48	4.85	128.26	7.93	95.73	8.19
		82	3.861	-735.27	4.76	53.76	7.89	448.36	-10.75
211	CC1	15	0.000	-735.73	-11.10	-75.02	-9.68	499.24	-23.77
		220	2.357	-736.51	-11.37	-121.11	-9.79	267.74	2.95
212	CC1	220	0.000	-744.10	0.29	-59.66	-5.28	267.86	3.29
		221	3.631	-751.08	0.36	-127.81	-5.27	-73.64	2.14
213	CC1	221	0.000	-754.33	0.36	-106.98	-5.21	-73.64	2.29
		222	0.431	-755.40	0.37	-114.82	-5.21	-121.52	2.13
214	CC1	222	0.000	-763.26	0.37	-35.21	-4.96	-121.52	2.66
		223	3.430	-778.49	0.42	-95.14	-4.97	-345.80	1.27
215	CC1	223	0.000	-783.97	0.42	22.17	-4.73	-345.80	1.99
		224	2.723	-803.27	0.45	-22.08	-4.74	-345.70	0.76
216	CC1	224	0.000	-782.26	0.45	183.82	-4.39	-345.70	1.95
		225	1.967	-804.22	0.45	155.71	-4.39	-11.34	1.05
217	CC1	225	0.000	-618.67	0.45	536.91	-3.28	-11.34	3.10
		226	1.375	-643.12	0.45	526.01	-3.27	719.84	2.50
218	CC1	127	0.000	-757.91	6.16	-92.73	9.42	558.70	11.77
		227	2.781	-759.62	6.26	-147.26	9.47	224.24	-5.76
219	CC1	227	0.000	-770.17	-0.72	-74.70	6.82	224.32	-6.34
		228	3.511	-778.86	-0.88	-139.82	6.80	-153.49	-3.53
220	CC1	228	0.000	-789.77	-0.88	-49.41	6.35	-153.49	-4.29
		229	3.086	-804.21	-0.97	-102.76	6.37	-388.94	-1.36
221	CC1	229	0.000	-810.26	-0.97	28.07	6.07	-388.94	-2.37
		230	2.506	-829.02	-0.98	-11.91	6.08	-368.67	0.15
222	CC1	230	0.000	-802.16	-0.98	209.69	5.90	-368.67	-1.48
		231	1.864	-823.90	-0.96	183.89	5.90	-1.45	0.35
223	CC1	231	0.000	-626.88	-0.96	565.38	5.31	-1.45	-2.60
		232	1.360	-651.42	-0.92	555.13	5.31	761.04	-1.35
224	CC1	40	0.000	-771.92	-9.31	-96.56	-9.55	569.04	-20.37



Proyecto: TFG

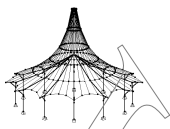
Modelo: CUPULA

Fecha: 02/07/2020

estructura_cupula

4.12 SECCIONES - ESFUERZOS INTERNOS

Barra número	CC/CO	Nudo número	Posición x [m]	Fuerzas [kN]			Momentos [kNm]		
				N	V _y	V _z	M _T	M _y	M _z
224	CC1	233	2.766	-773.61	-9.53	-150.89	-9.66	226.05	6.01
225	CC1	233	0.000	-784.46	0.66	-77.07	-6.07	226.16	6.47
		234	3.514	-793.16	0.84	-142.23	-6.06	-160.42	3.83
226	CC1	234	0.000	-804.24	0.84	-50.17	-5.57	-160.42	4.50
		235	3.088	-818.70	0.94	-103.44	-5.60	-398.32	1.69
227	CC1	235	0.000	-824.67	0.94	29.72	-5.25	-398.32	2.57
		236	2.508	-843.45	0.96	-10.19	-5.27	-373.79	0.12
228	CC1	236	0.000	-815.60	0.96	215.19	-5.04	-373.79	1.52
		237	1.865	-837.35	0.94	189.39	-5.05	4.00	-0.28
229	CC1	237	0.000	-635.88	0.94	576.79	-4.53	4.00	2.24
		238	1.361	-660.51	0.91	566.48	-4.52	782.60	1.01
230	CC1	239	0.000	-630.65	-0.38	-509.70	3.67	686.60	3.15
		240	1.375	-606.28	-0.38	-520.53	3.68	-22.45	3.66
231	CC1	240	0.000	-785.32	-0.38	-147.63	5.02	-22.45	1.32
		241	1.969	-763.34	-0.38	-175.78	5.01	-341.26	2.09
232	CC1	241	0.000	-782.93	-0.38	24.91	5.38	-341.26	0.74
		242	2.726	-763.62	-0.36	-19.53	5.37	-333.87	1.80
233	CC1	242	0.000	-757.99	-0.36	94.62	5.57	-333.87	0.98
		243	3.435	-742.75	-0.32	34.46	5.56	-111.47	2.18
234	CC1	243	0.000	-735.09	-0.32	111.84	5.76	-111.47	1.59
		244	0.234	-734.51	-0.32	107.59	5.76	-85.77	1.66
235	CC1	244	0.000	-731.24	-0.32	127.96	5.80	-85.77	1.50
		245	3.839	-723.86	-0.27	55.97	5.82	268.55	2.61
236	CC1	245	0.000	-716.68	7.97	115.82	9.11	268.46	2.20
		116	2.349	-715.88	7.78	69.97	9.04	487.04	-16.50
237	CC1	41	0.000	-744.01	-1.08	-56.61	-5.48	460.52	-3.47
		246	3.786	-747.13	-1.17	-129.80	-5.50	106.41	0.93
238	CC1	246	0.000	-755.47	0.15	-65.78	-5.22	106.42	1.37
		247	0.807	-757.44	0.15	-80.80	-5.22	47.21	1.25
239	CC1	247	0.000	-759.49	0.15	-58.35	-5.18	47.21	1.41
		248	2.900	-768.26	0.16	-111.02	-5.18	-198.97	0.95
240	CC1	248	0.000	-775.76	0.16	-27.46	-5.05	-198.97	1.50
		249	3.064	-791.22	0.19	-80.07	-5.06	-364.20	0.92
241	CC1	249	0.000	-794.07	0.19	43.52	-4.85	-364.20	1.69
		250	2.381	-812.47	0.21	5.49	-4.86	-305.76	1.18
242	CC1	250	0.000	-782.79	0.21	217.67	-4.39	-305.76	2.41
		251	1.718	-803.12	0.22	193.79	-4.39	48.19	2.02
243	CC1	251	0.000	-607.14	0.22	560.29	-2.85	48.19	3.91
		252	1.236	-629.50	0.23	551.05	-2.83	735.54	3.64
244	CC1	253	0.000	-607.72	-0.23	-474.42	2.58	596.72	2.86
		254	1.265	-585.70	-0.22	-484.85	2.59	-10.31	3.13
245	CC1	254	0.000	-749.93	-0.22	-125.42	3.81	-10.31	1.41
		255	1.936	-729.15	-0.21	-153.97	3.81	-281.13	1.84
246	CC1	255	0.000	-744.87	-0.21	22.98	4.13	-281.13	0.88
		256	2.870	-725.10	-0.19	-24.55	4.12	-283.35	1.49
247	CC1	256	0.000	-722.08	-0.19	70.48	4.28	-283.35	0.93
		257	1.612	-714.69	-0.18	42.39	4.28	-192.30	1.24
248	CC1	257	0.000	-711.29	-0.18	81.55	4.34	-192.30	1.01
		258	2.518	-702.36	-0.16	36.30	4.34	-43.67	1.45
249	CC1	258	0.000	-697.17	-0.16	92.62	4.44	-43.67	1.09
		259	5.195	-686.56	-0.15	-4.66	4.45	186.12	1.87
250	CC1	259	0.000	-685.46	-0.15	39.27	4.56	186.12	1.58
		260	0.197	-685.29	-0.15	35.53	4.56	193.48	1.61
251	CC1	260	0.000	-683.12	10.30	64.22	7.58	193.39	1.44
		152	2.295	-682.89	10.04	20.26	7.52	290.47	-22.06
252	CC1	59	0.000	-699.87	-63.12	-29.26	-25.41	256.13	-43.50
		261	0.746	-699.77	-63.27	-43.57	-25.44	228.94	3.75
253	CC1	261	0.000	-703.95	0.28	-5.74	-4.43	230.30	4.06
		262	1.995	-705.71	0.32	-43.76	-4.41	180.86	3.49
254	CC1	262	0.000	-706.97	0.32	-11.53	-4.25	180.86	3.69
		263	3.365	-712.68	0.38	-74.79	-4.23	35.22	2.53
255	CC1	263	0.000	-716.08	0.38	-27.04	-4.05	35.22	2.81
		264	4.000	-727.91	0.44	-99.72	-4.06	-219.27	1.15
256	CC1	264	0.000	-732.55	0.44	-56.33	-3.98	-219.27	1.39
		265	0.333	-733.91	0.44	-62.18	-3.98	-239.01	1.24
257	CC1	265	0.000	-736.50	0.44	7.00	-3.85	-239.01	1.61
		266	2.987	-753.71	0.45	-43.81	-3.86	-294.14	0.24
258	CC1	266	0.000	-752.24	0.45	64.32	-3.78	-294.14	0.79
		267	2.102	-769.49	0.45	30.64	-3.78	-194.18	-0.19
259	CC1	267	0.000	-737.25	0.45	222.53	-3.71	-194.18	0.77
		268	1.426	-754.56	0.44	202.67	-3.71	109.26	0.13
260	CC1	268	0.000	-566.51	0.43	538.05	-3.20	109.26	1.89
		269	0.398	-573.58	0.43	535.29	-3.20	322.78	1.72
261	CC1	269	0.000	-535.68	0.43	573.21	-3.07	322.78	1.93
		270	0.585	-546.65	0.43	569.56	-3.07	657.26	1.69
262	CC1	164	0.000	-686.31	48.72	29.46	11.70	93.49	37.13
		271	0.806	-686.46	48.87	14.30	11.72	111.12	-2.23
263	CC1	271	0.000	-687.33	-0.15	37.40	3.70	111.67	-2.27
		272	2.428	-689.29	-0.16	-8.45	3.69	146.88	-1.91
264	CC1	272	0.000	-689.04	-0.16	20.31	3.61	146.88	-2.06
		273	3.872	-695.00	-0.17	-52.62	3.60	84.11	-1.45
265	CC1	273	0.000	-696.89	-0.17	-11.82	3.51	84.11	-1.66
		274	3.268	-705.39	-0.19	-72.17	3.51	-53.51	-1.08
266	CC1	274	0.000	-708.53	-0.19	-27.84	3.43	-53.51	-1.30
		275	2.888	-719.45	-0.20	-79.54	3.43	-208.94	-0.72
267	CC1	275	0.000	-723.54	-0.20	-20.68	3.36	-208.94	-1.00
		276	1.581	-731.88	-0.21	-47.92	3.37	-263.22	-0.66
268	CC1	276	0.000	-732.42	-0.21	38.84	3.27	-263.22	-1.05
		277	2.596	-751.46	-0.22	-3.91	3.27	-217.82	-0.47
269	CC1	277	0.000	-733.02	-0.22	165.49	3.08	-217.82	-1.20
		278	1.618	-750.77	-0.22	141.67	3.08	30.90	-0.83
270	CC1	278	0.000	-583.42	-0.08	493.31	2.27	30.90	-2.25
		279	0.006	-583.52	-0.08	493.26	2.27	34.00	-2.25
271	CC1	279	0.000	-529.44	-0.22	550.90	2.03	34.00	-2.46



Proyecto: TFG

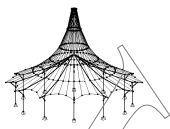
Modelo: CUPULA

Fecha: 02/07/2020

estructura_cupula

4.12 SECCIONES - ESFUERZOS INTERNOS

Barra número	CC/CO	Nudo número	Posición x [m]	Fuerzas [kN]			Momentos [kNm]		
				N	V _y	V _z	M _T	M _y	M _z
271	CC1	280	0.971	-547.13	-0.23	544.74	2.02	566.19	-2.25
272	CC1	183	0.000	-658.41	162.77	86.98	-2.97	-49.53	36.53
		281	0.243	-658.60	162.82	82.49	-2.97	-28.91	-3.09
273	CC1	281	0.000	-678.97	-0.20	77.90	4.04	-28.75	-3.36
		282	5.366	-682.56	-0.23	-22.83	4.03	119.93	-2.23
274	CC1	282	0.000	-682.71	-0.24	17.64	3.89	119.93	-2.46
		283	0.591	-683.74	-0.24	6.54	3.89	127.08	-2.33
275	CC1	283	0.000	-683.36	-0.24	23.86	3.83	127.08	-2.43
		284	5.071	-694.42	-0.27	-70.94	3.82	7.04	-1.15
276	CC1	284	0.000	-697.83	-0.27	-16.64	3.72	7.04	-1.45
		285	3.966	-712.20	-0.29	-88.18	3.72	-201.61	-0.32
277	CC1	285	0.000	-715.75	-0.29	-52.06	3.70	-201.61	-0.51
		286	0.970	-720.21	-0.29	-68.98	3.70	-260.36	-0.21
278	CC1	286	0.000	-723.11	-0.29	23.72	3.64	-260.36	-0.69
		287	2.384	-739.40	-0.29	-15.96	3.64	-251.11	0.04
279	CC1	287	0.000	-736.19	-0.29	70.59	3.62	-251.11	-0.39
		288	1.692	-751.07	-0.29	43.81	3.62	-154.22	0.12
280	CC1	288	0.000	-716.50	-0.31	229.47	3.54	-154.22	-0.79
		289	0.017	-716.71	-0.31	229.24	3.54	-150.32	-0.79
281	CC1	289	0.000	-643.15	-0.29	390.61	3.26	-150.32	-1.59
		290	0.813	-655.73	-0.28	382.24	3.26	163.95	-1.36
282	CC1	290	0.000	-475.27	-0.28	591.79	2.56	163.95	-2.43
		291	0.625	-487.03	-0.28	588.89	2.55	532.77	-2.26
283	CC1	103	0.000	-689.37	-25.03	14.53	-8.05	104.35	-15.44
		292	0.593	-689.31	-25.09	3.38	-8.05	109.65	-0.58
284	CC1	292	0.000	-688.76	0.06	37.45	-4.07	109.88	-0.36
		293	2.262	-690.59	0.01	-5.25	-4.08	146.34	-0.42
285	CC1	293	0.000	-690.20	0.01	23.81	-4.09	146.34	-0.25
		294	4.273	-696.82	-0.07	-56.69	-4.09	75.79	-0.08
286	CC1	294	0.000	-698.94	-0.07	-15.86	-4.09	75.79	0.16
		295	2.891	-706.48	-0.09	-69.21	-4.09	-47.44	0.40
287	CC1	295	0.000	-709.44	-0.09	-24.53	-4.05	-47.44	0.66
		296	3.283	-721.91	-0.08	-83.26	-4.06	-224.88	0.93
288	CC1	296	0.000	-726.29	-0.08	-24.33	-3.97	-224.88	1.26
		297	1.264	-732.98	-0.07	-46.07	-3.97	-269.42	1.34
289	CC1	297	0.000	-733.27	-0.07	41.14	-3.79	-269.42	1.80
		298	2.616	-752.50	-0.04	-1.90	-3.80	-218.02	1.92
290	CC1	298	0.000	-733.49	-0.04	168.06	-3.26	-218.02	2.73
		299	1.633	-751.44	-0.01	144.05	-3.27	37.02	2.76
291	CC1	299	0.000	-582.96	-0.01	495.55	-1.48	37.02	4.02
		300	0.709	-595.24	0.01	489.89	-1.48	386.36	4.02
292	CC1	300	0.000	-541.83	0.01	548.39	-1.06	386.36	4.15
		301	0.307	-547.52	0.01	546.34	-1.05	554.58	4.15
293	CC1	115	0.000	-678.98	-3.23	-22.35	-5.48	288.08	-10.10
		302	2.266	-679.17	-3.41	-65.73	-5.52	188.15	-2.50
294	CC1	302	0.000	-681.92	-0.13	-24.32	-4.76	188.17	-2.22
		303	0.109	-682.05	-0.14	-26.38	-4.76	185.41	-2.20
295	CC1	303	0.000	-682.54	-0.14	4.76	-4.85	185.41	-1.98
		304	5.101	-692.96	-0.28	-90.77	-4.86	-35.16	-0.83
296	CC1	304	0.000	-698.01	-0.28	-34.83	-4.91	-35.16	-0.44
		305	2.810	-707.98	-0.30	-85.33	-4.91	-204.35	0.37
297	CC1	305	0.000	-711.60	-0.30	-46.34	-4.89	-204.35	0.64
		306	1.359	-717.83	-0.30	-70.00	-4.89	-283.46	1.04
298	CC1	306	0.000	-720.82	-0.30	24.44	-4.71	-283.46	1.67
		307	2.881	-740.66	-0.26	-23.29	-4.73	-281.82	2.44
299	CC1	307	0.000	-725.14	-0.26	152.65	-4.02	-281.82	3.49
		308	1.943	-745.99	-0.21	123.99	-4.03	-12.70	3.94
300	CC1	308	0.000	-583.00	-0.21	481.65	-1.51	-12.70	5.43
		309	1.269	-605.08	-0.17	471.19	-1.49	592.32	5.67
301	CC1	139	0.000	-711.67	13.99	-74.61	0.51	485.72	20.68
		310	2.182	-712.35	14.05	-117.18	0.57	276.20	-10.04
302	CC1	310	0.000	-719.86	-0.79	-56.39	-6.03	276.15	-9.42
		311	4.007	-727.61	-1.15	-131.50	-6.07	101.76	-5.42
303	CC1	311	0.000	-730.94	-1.14	-111.51	-6.22	-101.76	-5.25
		312	0.057	-731.08	-1.15	-112.53	-6.21	-108.11	-5.19
304	CC1	312	0.000	-738.85	-1.15	-35.32	-6.72	-108.11	-4.51
		313	3.427	-754.08	-1.27	-95.37	-6.71	-332.73	-0.35
305	CC1	313	0.000	-759.86	-1.27	18.49	-6.69	-332.73	0.65
		314	2.721	-779.17	-1.23	-25.86	-6.71	-342.81	4.02
306	CC1	314	0.000	-759.89	-1.23	174.21	-5.46	-342.81	5.60
		315	1.967	-781.87	-1.13	146.14	-5.48	-27.37	7.91
307	CC1	315	0.000	-604.21	-1.13	517.31	-0.79	-27.37	9.59
		316	1.376	-628.59	-1.02	506.53	-0.75	677.52	11.07
308	CC1	204	0.000	-737.49	-1.25	-58.80	-6.35	453.40	-2.42
		317	3.655	-740.51	-1.30	-129.40	-6.36	108.29	2.39
309	CC1	317	0.000	-748.84	0.38	-65.79	-5.89	108.30	2.89
		318	0.643	-750.41	0.39	-77.76	-5.88	62.13	2.65
310	CC1	318	0.000	-752.37	0.39	-55.75	-5.80	62.13	2.82
		319	3.049	-761.58	0.44	-111.21	-5.81	-193.02	1.55
311	CC1	319	0.000	-769.14	0.44	-28.21	-5.61	-193.02	2.17
		320	3.057	-784.57	0.47	-80.74	-5.62	-360.00	0.73
312	CC1	320	0.000	-787.59	0.47	41.99	-5.44	-360.00	1.59
		321	2.376	-805.97	0.48	4.01	-5.44	-305.26	0.41
313	CC1	321	0.000	-776.86	0.48	214.70	-5.15	-305.26	1.82
		322	1.716	-797.17	0.47	190.86	-5.15	43.18	0.99
314	CC1	322	0.000	-603.45	0.47	554.76	-4.02	43.18	3.37
		323	1.235	-625.77	0.47	545.56	-4.00	723.36	2.81
315	CC1	66	0.000	-659.10	57.74	33.39	6.59	70.11	121.61
		324	2.554	-659.39	58.76	-14.57	6.70	94.18	-27.95
316	CC1	324	0.000	-661.80	-1.40	21.84	-3.42	94.42	-27.73
		325	0.177	-662.01	-1.45	18.52	-3.42	98.00	-27.48
317	CC1	325	0.000	-660.95	-1.45	41.77	-4.39	98.00	-27.34
		326	5.852	-671.37	-2.74	-67.92	-4.54	20.96	-14.67
318	CC1	326	0.000	-674.44	-2.74	-21.84	-5.53	20.96	-14.33



Proyecto: TFG

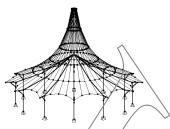
Modelo: CUPULA

Fecha: 02/07/2020

estructura_cupula

4.12 SECCIONES - ESFUERZOS INTERNOS

Barra número	CC/CO	Nudo número	Posición x [m]	Fuerzas [kN]			Momentos [kNm]		
				N	V _y	V _z	M _T	M _y	M _z
318	CC1	327	1.943	-680.33	-2.99	-57.39	-5.53	-56.12	-8.74
319	CC1	327	0.000	-682.29	-2.99	-24.93	-5.94	-56.12	-8.47
		328	3.313	-695.32	-3.14	-84.05	-5.93	-237.13	1.75
320	CC1	328	0.000	-700.31	-3.14	-10.22	-5.71	-237.13	2.37
		329	1.116	-706.83	-3.11	-29.23	-5.72	-259.15	5.84
321	CC1	329	0.000	-706.83	-3.11	29.06	-5.22	-259.15	6.29
		330	2.286	-723.46	-2.92	-8.65	-5.28	-235.80	13.18
322	CC1	330	0.000	-717.93	-2.92	89.71	-3.44	-235.80	13.78
		331	0.923	-726.70	-2.79	75.45	-3.47	-159.51	16.41
323	CC1	331	0.000	-691.43	-2.79	236.02	0.29	-159.51	16.77
		332	0.372	-696.19	-2.73	231.15	0.28	-72.65	17.80
324	CC1	332	0.000	-620.91	-2.73	390.61	4.52	-72.65	17.21
		333	0.755	-632.85	-2.60	382.99	4.53	219.71	19.22
325	CC1	333	0.000	-460.08	-2.59	579.23	10.94	219.71	16.45
		291	0.601	-471.46	-2.47	576.54	10.98	567.04	17.94
326	CC1	334	0.000	-709.10	-9.72	81.06	-6.91	-66.49	-27.10
		335	4.194	-711.33	-10.08	2.70	-6.90	109.88	15.09
327	CC1	335	0.000	-709.96	0.83	45.24	-4.30	109.88	15.32
		336	5.532	-718.82	1.43	-58.99	-4.20	71.71	8.99
328	CC1	336	0.000	-721.22	1.43	-5.20	-3.52	71.71	9.27
		337	4.796	-735.42	1.68	-92.98	-3.52	-164.97	1.68
329	CC1	337	0.000	-741.17	1.68	-11.92	-3.31	-164.97	2.05
		338	1.467	-748.47	1.69	-37.50	-3.32	-201.25	-0.44
330	CC1	338	0.000	-749.06	1.69	-22.85	-3.32	-201.25	-0.37
		339	2.317	-761.49	1.64	-62.61	-3.31	-300.43	-4.27
331	CC1	339	0.000	-757.17	1.64	102.42	-4.15	-300.43	-3.46
		340	1.840	-773.71	1.53	73.63	-4.13	-138.25	-6.40
332	CC1	340	0.000	-766.77	1.53	126.94	-4.56	-138.25	-6.10
		341	0.807	-774.94	1.47	114.59	-4.56	-40.72	-7.31
333	CC1	341	0.000	-606.09	1.47	496.32	-7.67	-40.72	-3.94
		342	0.171	-608.94	1.45	494.93	-7.67	43.96	-4.19
334	CC1	342	0.000	-558.09	1.45	551.63	-8.04	43.96	-3.42
		343	0.388	-564.96	1.42	549.01	-8.04	257.66	-3.97
335	CC1	343	0.000	-490.72	1.42	616.27	-8.48	257.66	-2.92
		344	0.290	-496.18	1.39	614.88	-8.48	436.10	-3.32
336	CC1	344	0.000	-398.96	1.39	681.98	-8.88	436.10	-2.02
		345	0.254	-403.98	1.36	681.43	-8.88	609.36	-2.35
337	CC1	346	0.000	-605.44	-0.65	-472.00	3.38	594.97	0.33
		347	1.269	-583.36	-0.67	-482.47	3.38	-11.06	1.15
338	CC1	347	0.000	-746.72	-0.67	-124.47	3.50	-11.06	-0.70
		348	1.944	-725.86	-0.69	-153.15	3.50	-281.25	0.64
339	CC1	348	0.000	-741.49	-0.69	22.88	3.55	-281.25	-0.21
		349	2.883	-721.65	-0.68	-24.88	3.55	-284.11	1.80
340	CC1	349	0.000	-718.72	-0.68	69.59	3.75	-284.11	1.32
		350	1.362	-712.47	-0.66	45.88	3.75	-205.42	2.24
341	CC1	350	0.000	-708.87	-0.66	84.97	3.86	-205.42	2.03
		351	2.811	-698.91	-0.59	34.45	3.85	-37.19	3.80
342	CC1	351	0.000	-693.89	-0.59	90.40	4.15	-37.19	3.48
		352	5.091	-683.51	-0.41	-4.92	4.18	181.60	6.02
343	CC1	352	0.000	-683.02	-0.41	26.30	4.45	181.60	5.83
		353	0.126	-682.87	-0.41	23.91	4.45	184.77	5.88
344	CC1	353	0.000	-679.85	23.82	64.23	11.37	184.48	5.67
		334	2.219	-679.61	23.37	21.76	11.25	280.05	-47.01
345	CC1	354	0.000	-706.24	0.16	74.36	-4.14	-16.75	2.48
		355	5.501	-709.93	0.15	-28.98	-4.13	108.89	1.67
346	CC1	355	0.000	-710.41	0.17	13.07	-4.02	108.89	1.91
		356	0.005	-710.41	0.17	12.98	-4.02	108.96	1.91
347	CC1	356	0.000	-709.83	0.15	31.56	-3.97	108.96	2.01
		357	5.671	-722.33	0.17	-74.36	-3.96	-13.24	1.14
348	CC1	357	0.000	-725.92	0.17	-18.01	-3.86	-13.24	1.45
		358	3.409	-738.34	0.19	-79.43	-3.86	-179.83	0.83
349	CC1	358	0.000	-741.45	0.19	-41.25	-3.81	-179.83	1.03
		359	1.545	-748.59	0.20	-68.19	-3.82	-264.46	0.72
350	CC1	359	0.000	-751.18	0.20	27.83	-3.69	-264.46	1.20
		360	2.007	-764.93	0.21	-5.51	-3.70	-242.04	0.77
351	CC1	360	0.000	-760.24	0.21	84.74	-3.58	-242.04	1.20
		361	1.759	-775.78	0.22	56.85	-3.59	-117.34	0.81
352	CC1	361	0.000	-742.32	0.22	232.44	-3.31	-117.34	1.61
		362	0.405	-747.30	0.22	226.91	-3.31	-24.32	1.52
353	CC1	362	0.000	-665.24	0.22	409.14	-2.81	-24.32	2.31
		363	0.513	-673.25	0.22	403.78	-2.81	184.49	2.20
354	CC1	363	0.000	-484.39	0.22	617.80	-1.84	184.49	3.06
		364	0.648	-496.67	0.22	614.75	-1.83	584.15	2.92
355	CC1	365	0.000	-545.85	0.11	-544.38	0.45	558.01	4.75
		366	0.479	-537.01	0.12	-547.54	0.46	296.16	4.70
356	CC1	366	0.000	-590.48	0.12	-489.40	0.94	296.16	4.62
		367	0.527	-581.40	0.13	-493.55	0.94	37.27	4.56
357	CC1	367	0.000	-749.11	0.14	-143.01	3.07	37.27	3.50
		368	1.629	-731.21	0.18	-166.99	3.06	-215.52	3.25
358	CC1	368	0.000	-750.03	0.18	2.29	3.72	-215.52	2.47
		369	2.612	-730.85	0.22	-40.71	3.70	-265.78	1.97
359	CC1	369	0.000	-730.53	0.22	46.08	3.91	-265.78	1.52
		370	1.343	-723.43	0.23	22.96	3.90	-219.37	1.23
360	CC1	370	0.000	-719.17	0.23	81.72	3.99	-219.37	0.91
		371	3.188	-707.07	0.23	24.67	3.99	-49.33	0.18
361	CC1	371	0.000	-704.12	0.23	69.10	3.99	-49.33	-0.08
		372	2.980	-696.35	0.19	14.11	3.99	74.94	-0.71
362	CC1	372	0.000	-694.33	0.19	54.82	3.94	74.94	-0.94
		373	4.186	-687.87	0.07	-23.98	3.94	139.74	-1.53
363	CC1	373	0.000	-688.27	0.07	4.89	3.87	139.74	-1.70
		374	2.305	-686.40	-0.01	-38.58	3.86	100.86	-1.78
364	CC1	374	0.000	-687.47	-0.01	-5.49	3.77	100.86	-1.96
		354	0.630	-687.51	-0.04	-17.34	3.77	93.66	-1.95
417	CC1	74	0.000	-683.99	-1.81	96.95	-5.57	-78.33	-5.94



Proyecto: TFG

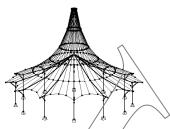
Modelo: CUPULA

Fecha: 02/07/2020

estructura_cupula

4.12 SECCIONES - ESFUERZOS INTERNOS

Barra número	CC/CO	Nudo número	Posición x [m]	Fuerzas [kN]			Momentos [kNm]		
				N	V _y	V _z	M _T	M _y	M _z
417	CC1	425	8.924	-693.03	-1.75	-70.78	-5.53	40.41	11.30
418	CC1	425	0.000	-696.62	1.51	-4.81	-4.24	40.44	11.74
		426	0.436	-697.81	1.55	-12.86	-4.24	36.59	11.08
419	CC1	426	0.000	-697.93	1.55	-0.43	-4.04	36.59	11.15
		427	4.466	-711.61	1.85	-81.97	-4.05	-148.25	3.45
420	CC1	427	0.000	-716.29	1.85	-5.38	-3.65	-148.25	3.86
		428	3.855	-735.78	1.85	-72.36	-3.65	-298.69	-3.39
421	CC1	428	0.000	-735.41	1.85	76.11	-4.26	-298.69	-2.59
		429	0.398	-738.77	1.84	69.83	-4.25	-269.60	-3.33
422	CC1	429	0.000	-734.91	1.84	102.80	-4.40	-269.60	-3.14
		430	1.922	-752.61	1.73	72.76	-4.38	-100.71	-6.60
423	CC1	430	0.000	-743.92	1.73	135.30	-4.92	-100.71	-6.21
		431	0.380	-747.93	1.70	129.58	-4.91	-50.38	-6.86
424	CC1	431	0.000	-587.55	1.70	480.59	-7.65	-50.38	-3.56
		432	0.310	-592.74	1.68	478.08	-7.65	98.09	-4.08
425	CC1	432	0.000	-542.45	1.68	534.46	-8.02	98.09	-3.30
		433	0.353	-548.73	1.65	532.08	-8.02	286.42	-3.88
426	CC1	433	0.000	-476.86	1.65	597.34	-8.45	286.42	-2.84
		434	0.270	-481.96	1.62	596.06	-8.45	447.67	-3.27
427	CC1	434	0.000	-389.23	1.64	660.36	-8.84	447.67	-2.01
		435	0.240	-393.95	1.62	659.85	-8.84	605.92	-2.38
428	CC1	173	0.000	-889.96	-317.78	1065.09	-38.34	220.67	17.73
		174	0.628	-896.17	-317.25	1062.94	-37.85	889.68	217.58
Sección núm. 4: M-Rectángulo 1000/1500									
1	CC1	174	0.000	0.00	-0.00	10.81	-0.00	-1.73	-0.00
		388	0.961	0.00	-0.00	-10.81	-0.00	-1.73	0.00
Sección núm. 6: M-Rectángulo 1000/1500									
365	CC1	375	0.000	0.00	0.00	45.23	0.00	-18.19	0.00
			2.412	0.00	0.00	-45.23	0.00	-18.19	-0.00
			2.431	1.56	687.07	369.25	593.37	-6.86	-9.01
366	CC1	376	3.890	-0.02	-4.95	-31.03	-7.53	-9.20	3.65
		376	0.000	0.00	0.00	64.72	0.00	-37.23	0.00
			3.452	0.00	0.00	-64.72	0.00	-37.23	-0.00
			3.455	0.00	0.00	-0.07	0.00	-0.00	-0.00
367	CC1	377	4.222	0.00	-0.00	-14.38	-0.00	-1.84	0.00
		377	0.000	0.00	0.00	86.78	0.00	-66.95	0.00
			4.628	0.00	0.00	-86.78	0.00	-66.95	-0.00
368	CC1	51	4.731	0.00	-0.00	-1.91	-0.00	-0.03	0.00
		51	0.000	0.00	-0.00	99.19	-0.00	-87.45	-0.00
369	CC1	378	5.290	0.00	-0.00	-99.19	-0.00	-87.45	0.00
		378	0.000	-0.00	0.00	17.53	0.00	-2.73	0.00
			0.935	-0.00	0.00	-17.53	0.00	-2.73	-0.00
			1.061	0.00	-0.00	-2.37	-0.00	-0.05	0.00
370	CC1	379	5.703	0.00	-0.00	-87.04	-0.00	-67.34	0.00
		379	0.000	0.00	0.00	42.49	0.00	-16.05	0.00
			2.266	0.00	0.00	-42.49	0.00	-16.05	-0.00
			2.371	0.00	-0.00	-1.96	-0.00	-0.03	0.00
371	CC1	380	5.934	0.00	-0.00	-66.81	-0.00	-39.68	0.00
		380	0.000	0.00	0.00	67.67	0.00	-40.70	0.00
			3.609	0.00	0.00	-67.67	0.00	-40.70	-0.00
			3.693	0.00	0.00	-1.57	0.00	-0.02	-0.00
372	CC1	381	5.934	0.00	-0.00	-42.03	-0.00	-15.70	0.00
		381	0.000	0.00	0.00	87.88	0.00	-68.65	0.00
			4.687	0.00	0.00	-87.88	-0.00	-68.65	-0.00
			4.778	0.00	0.00	-1.71	0.00	-0.03	-0.00
373	CC1	382	5.703	-0.00	-0.00	-17.34	-0.00	-2.67	0.00
		382	0.000	0.00	0.00	98.98	0.00	-87.08	0.00
374	CC1	383	5.279	0.00	0.00	-98.98	0.00	-87.08	-0.00
		383	0.000	0.00	0.00	1.87	0.00	-0.03	0.00
			0.100	0.00	0.00	-1.87	0.00	-0.03	-0.00
			0.177	0.00	-0.00	-1.45	-0.00	-0.02	0.00
375	CC1	384	4.742	0.00	-0.00	-85.59	-0.00	-65.11	0.00
		384	0.000	0.00	0.00	15.32	0.00	-2.09	0.00
			0.817	0.00	0.00	-15.32	0.00	-2.09	-0.00
			0.911	0.00	0.00	-1.75	0.00	-0.03	-0.00
376	CC1	385	4.222	0.00	-0.00	-62.09	-0.00	-34.27	0.00
		385	0.000	0.00	0.00	27.58	0.00	-6.76	0.00
			1.471	0.00	0.00	-27.58	0.00	-6.76	-0.00
			1.526	0.00	-0.00	-1.03	-0.00	-0.01	0.00
377	CC1	386	3.890	0.00	-0.00	-44.34	-0.00	-17.47	0.00
		386	0.000	0.00	0.00	42.31	0.00	-15.92	0.00
			2.257	0.00	0.00	-42.31	-0.00	-15.92	-0.00
			2.311	0.00	-0.00	-1.02	-0.00	-0.01	0.00
378	CC1	387	3.890	0.00	-0.00	-29.61	-0.00	-7.79	0.00
		387	0.000	0.00	0.00	61.14	0.00	-33.23	0.00
379	CC1	174	3.261	0.00	0.00	-61.14	0.00	-33.23	-0.00
		388	0.000	0.00	0.00	83.07	0.00	-61.33	0.00
			4.430	0.00	0.00	-83.07	0.00	-61.33	-0.00
			4.572	0.00	0.00	-2.66	0.00	-0.06	-0.00
380	CC1	389	4.742	0.00	-0.00	-3.18	-0.00	-0.09	0.00
		389	0.000	0.00	-0.00	98.98	0.00	-87.08	-0.00
381	CC1	390	5.279	0.00	-0.00	-98.98	0.00	-87.08	0.00
		390	0.000	-0.00	0.00	13.55	0.00	-1.63	0.00
			0.723	-0.00	0.00	-13.55	0.00	-1.63	-0.00
			0.980	0.00	0.00	-4.82	0.00	-0.21	-0.00
382	CC1	391	5.703	0.00	-0.00	-88.57	-0.00	-69.73	0.00
		391	0.000	0.00	0.00	38.60	0.00	-13.24	0.00
			2.058	0.00	0.00	-38.60	0.00	-13.24	-0.00
			2.282	0.00	0.00	-4.19	0.00	-0.16	-0.00
383	CC1	392	5.934	0.00	-0.00	-68.49	-0.00	-41.69	0.00
		392	0.000	0.00	0.00	65.89	0.00	-38.59	0.00
			3.514	0.00	0.00	-65.89	0.00	-38.59	-0.00
			3.807	0.00	0.00	-5.48	0.00	-0.27	-0.00
		393	5.934	0.00	-0.00	-39.89	-0.00	-14.15	0.00



Proyecto: TFG

Modelo: CUPULA

Fecha: 02/07/2020

estructura_cupula

4.12 SECCIONES - ESFUERZOS INTERNOS

Barra número	CC/CO	Nudo número	Posición x [m]	Fuerzas [kN]			Momentos [kNm]			
				N	V _y	V _z	M _T	M _y	M _z	
384	CC1	393	0.000	0.00	0.00	87.58	0.00	-68.19	0.00	
			4.671	0.00	0.00	-87.58	-0.00	-68.19	-0.00	
			4.944	0.00	0.00	-5.11	0.00	-0.23	-0.00	
			5.703	-0.00	-0.00	-14.24	-0.00	-1.80	0.00	
385	CC1	394	0.000	0.00	0.00	98.98	0.00	-87.08	0.00	
			5.279	0.00	0.00	-98.98	0.00	-87.08	-0.00	
386	CC1	395	0.000	0.00	0.00	3.12	0.00	-0.09	0.00	
			0.166	0.00	0.00	-3.12	0.00	-0.09	-0.00	
			0.360	0.00	0.00	-3.63	-0.00	-0.12	-0.00	
			4.742	0.00	-0.00	-82.16	0.00	-60.01	0.00	
387	CC1	396	0.000	261.98	1062.96	581.65	784.83	-519.93	733.28	
			1.088	262.04	1063.07	540.61	784.81	90.70	-423.46	
			4.222	-90.85	-225.38	-264.18	-272.53	-279.34	299.39	
388	CC1	397	0.000	-0.06	14.07	41.56	23.30	-16.79	11.48	
			1.641	-0.06	14.07	-19.97	23.30	0.92	-11.60	
			1.706	1.42	-674.28	-364.16	-582.63	-23.92	23.63	
			3.890	0.00	-0.00	-40.95	-0.00	-14.91	0.00	
Sección núm. 7: M-Rectángulo 500/1000										
389	CC1	398	0.000	-2086.23	254.82	61.02	-6.91	330.58	-4.80	
			0.517	-2085.87	254.57	44.84	-6.94	357.94	-136.46	
390	CC1	399	0.956	-2074.10	-179.37	-42.90	-18.96	195.79	-60.54	
			0.000	-2054.20	380.54	145.62	36.11	585.93	36.86	
			0.300	-2054.05	380.63	136.10	36.14	628.26	-77.51	
391	CC1	400	0.983	-2098.39	-107.72	78.40	-63.74	324.44	-5.66	
			0.000	-2087.57	-25.25	194.81	-78.05	418.05	12.84	
392	CC1	401	0.908	-2087.46	-25.19	166.14	-78.03	581.90	35.81	
			0.000	-2083.00	94.77	205.09	2.46	713.05	78.06	
393	CC1	402	0.812	-2083.25	94.93	179.09	2.52	869.03	1.02	
			0.000	-2013.68	-528.74	-235.48	-208.23	681.44	-82.65	
394	CC1	403	0.217	-2013.70	-527.64	-243.24	-207.90	629.77	31.90	
			0.719	-2079.99	253.07	-151.89	142.76	959.36	-77.72	
			0.000	-2025.35	-527.06	-183.40	-216.78	944.38	-89.12	
395	CC1	404	0.214	-2025.06	-527.07	-190.31	-216.79	904.39	23.76	
			0.563	-2047.75	363.31	-79.37	220.73	1033.28	-89.12	
396	CC1	405	0.000	-2018.37	143.66	-62.65	17.47	193.31	-51.31	
			0.069	-2018.31	143.63	-64.78	17.47	188.93	-61.19	
397	CC1	406	0.000	-1989.37	243.74	53.84	3.59	316.58	-13.13	
			0.563	-1988.99	243.44	36.25	3.55	341.94	-150.30	
398	CC1	407	1.024	-2014.76	-192.00	-47.60	-15.06	193.26	-52.23	
			0.000	-1927.83	377.21	135.57	49.08	550.65	2.94	
			0.261	-1927.72	377.14	127.31	49.07	585.01	-95.65	
399	CC1	408	0.983	-2001.13	-102.00	70.42	-51.06	312.42	-14.04	
			0.000	-1963.07	-3.88	183.40	-58.78	396.19	-1.80	
400	CC1	409	0.908	-1962.96	-3.94	154.81	-58.78	549.71	1.80	
			0.000	-1904.70	-465.14	-207.46	-150.31	371.26	0.47	
401	CC1	410	0.005	-1904.70	-465.14	-207.61	-150.31	370.27	2.70	
			0.812	-1937.52	138.70	-191.77	18.60	693.14	-109.69	
			0.000	-1888.04	-443.56	-220.37	-186.41	667.16	-113.91	
402	CC1	411	0.272	-1887.81	-443.58	-229.04	-186.43	606.06	6.76	
			0.719	-1985.97	302.91	-144.54	137.37	963.49	-116.17	
403	CC1	412	0.000	-1970.79	440.04	71.82	206.67	1019.01	133.79	
			0.361	-1971.22	440.10	60.07	206.69	1042.80	-25.07	
			0.659	-1956.23	-446.21	175.48	-222.63	945.94	127.68	
404	CC1	413	0.000	-1981.29	-384.22	98.23	-215.03	1005.36	115.31	
			0.096	-1981.46	-384.16	95.11	-215.00	1014.67	152.36	
405	CC1	414	0.000	-2047.02	363.25	-96.67	212.08	1042.75	143.10	
			0.096	-2046.85	363.31	-99.80	212.10	1033.28	108.06	
406	CC1	415	0.000	-2016.51	400.36	-172.28	221.70	974.10	73.33	
			0.310	-2016.11	400.33	-182.28	221.70	919.21	-50.73	
407	CC1	416	0.659	-2022.57	-485.39	-72.10	-220.62	1043.40	124.15	
			0.000	-1947.08	409.13	-218.58	193.37	698.55	191.02	
			0.328	-1946.78	409.30	-229.07	193.43	625.12	56.68	
408	CC1	417	0.719	-2025.24	-367.59	-139.92	-149.28	988.59	61.61	
			0.000	-1983.83	-189.58	-163.03	-20.33	868.61	32.82	
409	CC1	418	0.812	-1983.63	-189.09	-188.99	-20.18	725.69	186.62	
			0.000	-1978.35	-49.15	-149.41	48.36	522.02	2.01	
410	CC1	419	0.878	-1978.47	-49.06	-177.06	48.39	378.65	45.13	
			0.908	-1885.44	-651.14	-138.74	-223.66	839.50	34.29	
			0.000	-2009.60	49.78	-66.03	45.57	293.48	-20.22	
411	CC1	420	0.795	-2009.98	49.71	-90.88	45.57	231.06	-59.77	
			0.983	-1932.56	-432.29	-130.19	-53.92	521.47	3.16	
412	CC1	421	0.000	-2018.75	143.62	49.09	13.99	188.93	-62.07	
			0.538	-2019.18	143.26	32.35	13.96	210.85	-139.33	
			0.956	-1988.68	-296.65	-49.61	-5.78	297.00	-19.35	
413	CC1	422	0.000	-1964.98	497.05	-178.73	198.72	920.24	118.95	
			0.292	-1964.59	497.03	-188.17	198.72	866.60	-26.50	
414	CC1	423	0.563	-1982.30	-384.23	-75.20	-224.28	1005.36	96.08	
			0.000	-1968.00	520.68	-231.62	194.62	661.94	98.59	
			0.238	-1967.81	520.66	-239.25	194.63	605.77	-25.68	
415	CC1	424	0.719	-2012.76	-258.85	-148.04	-150.33	930.70	108.06	
			0.000	-2037.18	-89.13	-175.98	-9.51	843.92	21.94	
416	CC1	425	0.812	-2036.94	-88.89	-201.92	-9.43	690.50	94.25	
			0.000	-2071.73	30.85	-161.34	69.32	565.08	35.22	
417	CC1	426	0.881	-2071.83	30.90	-189.09	69.34	410.58	7.94	
			0.908	-1961.07	-566.06	-150.95	-207.46	818.04	23.24	
			0.000	-2120.42	114.01	-74.35	60.23	336.06	-13.32	
418	CC1	427	0.643	-2120.74	113.77	-94.43	60.20	281.81	-86.55	
			0.983	-2039.81	-371.94	-140.96	-41.39	567.74	36.30	
419	CC1	428	0.000	-2074.87	165.85	57.12	11.46	201.51	-48.02	
			0.439	-2075.23	165.61	43.47	11.44	223.57	-120.75	
420	CC1	429	1.024	-2108.97	-252.43	-56.76	1.38	341.44	-12.39	
			0.000	-2073.22	-179.39	74.09	-22.35	195.79	-59.37	
421	CC1	430	0.069	-2073.26	-179.41	72.45	-22.35	200.82	-47.04	